



**Catarina Maduro
Rasquilha Simal de
Lemos**

**Base de Dados Geoambiental SIG para apoio à
Gestão do Risco em Aveiro**



**Catarina Maduro
Rasquilha Simal de
Lemos**

**Base de Dados Geoambiental SIG para apoio à
Gestão do Risco em Aveiro**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Geológica, realizada sob a orientação científica do Prof. Doutor Luis Menezes Pinheiro, Professor Associado do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro e co-orientação do Prof. Doutor Carlos Sousa Oliveira, Prof. Catedrático do Instituto Superior Técnico de Lisboa.

o júri

presidente

Prof. Doutor José Francisco Santos

Professor Auxiliar do Departamento de Geociências da Universidade do Aveiro

Prof. Doutor Luis Menezes Pinheiro

Professor Associado do Departamento de Geociências da Universidade do Aveiro

Prof. Doutor Carlos Sousa Oliveira

Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, do Instituto Superior Técnico de Lisboa

Eng. Paulo Lemos

Director de Projecto Municipal da Câmara Municipal de Aveiro

agradecimentos

Aos meus amigos que caminharam ao meu lado no desenvolvimento desta tese. Este primeiro agradecimento inclui não só os excelentes professores que serviram de base a um trabalho na medida de um “sonho”, mas também aos meus pais e minha irmã porque são parte de mim e aos amigos que me apoiaram e encorajaram incondicionalmente.

Em particular, agradecer ao Prof. Luis Menezes Pinheiro pelo amigo que sempre foi e espero continuará a ser. Mais do que ser um fascinante cientista e professor, nunca hesita em dar as chaves da porta da ciência, procurando caminhar sempre ao “nosso” lado para as abrir. Essencial ao desenvolvimento deste trabalho, desejo que assim o seja noutros que se seguirão.

Ao Prof. Carlos Sousa Oliveira, co-orientador desta tese pela sua disponibilidade e tolerância e sobretudo pelas sugestões e acompanhamento do trabalho efectuado.

Ao Prof. João Paulo Hespanha pelo apoio incondicional e compreensão nas minhas imensas dúvidas face ao novo desafio que me era proposto – o ArcGis. A sua ajuda e acompanhamento, nas inúmeras horas disponibilizadas para me acompanhar, mesmo à distância, foram indispensáveis à realização desta tese de mestrado pelo que muito lhe agradeço.

Ao Eng. Paulo Lemos pela indispensável cooperação neste trabalho bem como pelo esclarecimento de muitas dúvidas e por ter estado sempre disponível para ajudar.

À Câmara Municipal de Aveiro pela cedência da informação cartográfica

Ao Autoridade Nacional de Protecção Civil, em particular ao Comandante António Machado e à Eng. Margarida Guedes pela atenção com que nos receberam e pelo apoio a esta iniciativa.

Ao Renato Mendes e ao Prof. João Dias, do Departamento de Física, pela cooperação interdisciplinar que foi possível estabelecer e pela excelente trabalho desenvolvido. Ao Renato uma palavra especial pela paciência que me dedicou.

Ao Prof. António Luis, à Prof. Rosa Pinho e à Dr. Luisa Diniz pela forma activa aceitaram o desafio comum da construção de um mapa de índices de Sensibilidade Ambiental.

agradecimentos

Um agradecimento que muito me apraz fazer! Agradeço à “minha” equipa de trabalho, os GeofMar, que sempre tiveram presentes quer para a partilha de conhecimentos, quer para a partilha de sorrisos e gargalhadas. Nunca se esqueçam que todos juntos valemos muito mais... Com uma equipa assim vale a pena crescer e foi o que senti. Não poderia deixar de referir a ajuda do Ro, que com a sua maturidade, conhecimento e brasileirice me apoiou imenso e teve sempre com uma solução; à Daniela pela ajuda especial e pelo sorriso que a caracteriza; ao afilhadito Leonardo, e agora colega de equipa, pela compreensão e ajuda. And all the others Ana, Francesco, Francisco and Kamram, because you were always present.

À família dos Ursos agradeço por sermos assim... pela essência que nos une! Obrigada por, longe ou perto, terem estado sempre “pertinho de mim” e por me terem possibilitado chegar até aqui.

Agradeço ainda a outros amigos, muitos especiais e que ficarão para além daquilo que os fez existirem no meu coração, a vida académica. Vocês fazem de mim uma pessoa rica. Não podia deixar de citar os dois companheiros, Leandro e Zé, as minhas meninas Ângela, Diana, Rita e Vânia, os meus companheiros de curso, David e Mike. E a muitos outros, que não citei: Obrigada Amigos!

Ainda um agradecimento a todos os que “constroem” dia-a-dia o Departamento de Geociências, pela disponibilidade e auxílio que sempre me prestaram, no acompanhamento e na troca de conhecimentos que espero façam de mim uma boa Engenheirinha.

Bem haja a todos!!

palavras-chave

Riscos Naturais e Tecnológicos, Município de Aveiro, Base de Dados, SIG, Geologia, Catástrofes, ArcGis, Carta de Zonamento Geotécnico Digital, Sismo de 1755, Mapas de Índices de Sensibilidade Ambiental

resumo

No âmbito do presente trabalho elaborou-se uma Base de Dados Geológicas e Ambientais Georeferenciada, em Sistema de Informação Geográfica ArcGis, para apoio à gestão do Risco Natural e Tecnológico no Município de Aveiro. Esta Base de Dados permite uma fácil e rápida manipulação por parte das entidades municipais responsáveis dos diversos tipos de dados disponíveis e é constituída por uma base cartográfica cedida pela Câmara Municipal de Aveiro, à qual foram adicionados elementos do Atlas do Ambiente, uma Carta Digital de Zonamento Geotécnico, uma compilação da localização e informação de Sondagens Geológicas e Hidrogeológicas na região de estudo, informação de epicentros de sismos na região, alguns resultados da modelação do alastramento de uma mancha de petróleo na Ria de Aveiro associada a um potencial derrame, e uma caracterização da linha de costa em termos de Índices de Sensibilidade Ambiental.

Para uma melhor interpretação e facilidade de visualização dos dados, da ortofotocartografia e da Carta de Zonamento Geotécnico, foram criados modelos 3-D.

Finalmente, utilizando as facilidades GIS, foi determinado um Índice de Risco Combinado para as 14 freguesias de Aveiro, para cada uma das quais se discriminam os diferentes factores relativos à Erosão Costeira, Cheias, Sismos, e vulnerabilidade a derrames petrolíferos.

keywords

Natural and Human Hazards, Aveiro, Portugal, Georeferenced Database, GIS, Geology, Catastrophic events, ArcGis, Geotechnical Digital Map, 1755 Lisbon Earthquake, Environmental Sensitivity Index Maps

abstract

In the scope of this work a Georeferenced Geological and Environmental Database was created in a Geographical Information System (ArcGis), to assist the Aveiro Civil Protection and Council authorities in the management of the natural and technological hazards in the Aveiro region. This Database allows an easy and fast manipulation and merging of the various available datasets, which include a cartographic base and ortophoto coverage, provided by the Aveiro Municipality, to which data from the Atlas of Environment, a new digital geotechnical chart, a compilation of the hydrogeological and geotechnical boreholes, information of seismicity, some results of modelling of the spreading of an oil spill in the Ria of Aveiro and the characterization of the coastline, in terms of Environmental Sensitivity Indexes, have been added. For ease of visualization and interpretation of the various datasets, ortophotos and geotechnical mapping, 3-D models were created. Finally, using the GIS facilities, an Index of Combined Hazard for the 14 councils of the Aveiro region is proposed. For each of these councils, individual hazard potential such as coastal erosion, floods, earthquakes and vulnerability to oil spills are specified.

Índice

Agradecimentos

Resumo

Abstract

Índice

Lista de Quadros

Lista de Figuras

Capítulo I. Introdução	1
I.1 Natureza e âmbito deste trabalho	1
I.2 Localização da área de estudo	1
I.3 Objectivos	3
I. 4 Dados utilizados	4
I.5 Metodologia	4
I.6 Estrutura do Trabalho	7

Capítulo II. Enquadramento Geológico e Geomorfológico da	
Região de Aveiro	9
II.1 A Bacia Lusitânica	9
II.1.1 Evolução Paleogeográfica e Paleo-Tectónica da Bacia Lusitânica	12
II.1.2 Estratigrafia da Bacia Lusitânica	16
II.2 Geologia da região de Aveiro	18
II.2.1 Xistos do Complexo Xisto-Grauváquico	20
II.2.2 Formações mesozóicas na área em estudo.....	22
II.2.3 Terrenos de Cobertura Cenozóicos	24
II.3 Geomorfologia do Município de Aveiro	25

Capítulo III. O Concelho e a “Ria” de Aveiro	29
III.1 Concelho e Freguesias de Aveiro	29
III.2 Sócio–economia associada à Ria	31
III.3 Indicadores Demográficos	35
III.4 Acessibilidades da Região	38
III.5 Autoridades Municipais Responsáveis pela Gestão do Risco e suas Responsabilidades.....	41

Capítulo IV. Desenvolvimento de uma Base de Dados de Informação Geológica e Ambiental em <i>ArcGis</i> para apoio ao Município	43
IV.1 Informação SIG Cedida pela Câmara de Aveiro	43
IV.2 Base de Dados ArcGis Desenvolvida	49
IV.2.1 Informação Geológica e Ambiental Adicionada	49
IV.2.1.1 Zonamento Geotécnico	49
IV.2.1.2 Compilação de Registos de Sondagens	62
IV.2.1.3 Compilação de Sismos para Portugal Continental..	64
IV.2.1.4 Rede de Lineamentos Morfológicos	64
IV.2.1.5 Informação do Atlas do Ambiente	65
IV.2.1.6 Previsão do Alastramento de uma mancha de petróleo na Ria de Aveiro	65
IV.2.2 Estruturação da Base de Dados e Sistema de Projecção ...	67
IV.2.3 Resultados	75
IV.2.3.1 Carta de Zonamento Geotécnico Digital	76
IV.2.3.2 Classificação Geológica Simplificada	93
IV.2.3.3 Cartografia dos Registos de Sondagens e Amostragens de sub-superfície	97
IV.2.3.4 Elaboração de Modelos 3D	99
IV.2.3.5 Mapas de Sensibilidade Ambiental	104

Capítulo V. Os Fenómenos Naturais e Tecnológicos como Factores de Risco na Ocupação Humana da Região de Aveiro

Aveiro	105
V.1 O Conceito de Risco e Riscos Naturais em Portugal	105
V.2 Riscos Naturais na Região de Aveiro	110
V.2.1 Risco de Cheias e Avaliação do seu Impacto	110
V.2.2 Risco de Seca	117
V.2.3 Risco de Erosão Costeira	119
V.2.4 Risco Sísmico	122
V.2.4.1 A Sismicidade em Portugal continental	122
V.2.4.2 Redes de Monitorização Sismológica	127
V.2.4.3 Eventos Sísmicos Históricos mais significativos e o Grande Sismo de 1755	129
V.2.4.4 O sismo de 1755 em Aveiro	131
V.2.4.5 Potenciais Consequências para a região de Aveiro da ocorrência de novo sismo e tsunamis semelhante ao sismo de 1755	136
V.2.4.6 Liquefacção e Tsunamis – Consequências dos sismos.....	146
V.3 Riscos Antropogénicos associados com Derrames Petrolíferos	153
V.3.1 Tráfego de Petroleiros	153
V.3.2 Risco de Derrames na Região de Aveiro	156
V.3.3 Previsão do Alastramento de uma mancha de petróleo na Ria de Aveiro	159
V.4 O Risco nas Freguesias.....	163

Capítulo VI. Mapa de Índices de Sensibilidade Ambiental

VI.1 ISA: o que são e para que Servem?	170
VI.2 Cartografia dos ISAs	171
VI.3 Aquisição de Dados de Campo na Região de Aveiro	175

Capítulo VII. Conclusões e Trabalho Futuro.....	181
--	------------

Bibliografia	185
---------------------------	------------

Anexos

Índice de Quadros

Quadro I.1: Tarefas realizadas durante o desenvolvimento do projecto e actividades envolvidas em cada uma delas.....	6
Quadro II.1: Unidades Geológicas existentes na Carta Geológica de Aveiro (Figura II.10; Teixeira e Zbyszewski, 1976).....	18
Quadro III. 1: Classificação das freguesias do Município de Aveiro quanto à tipologia das áreas urbanas.....	31
Quadro III.2: População Residente no Município de Aveiro, região do Baixo Vouga (onde se inclui o Município de Aveiro) e em Portugal, nos anos de 1991 e 2001, e respectiva variação (CEMA, 2006).....	35
Quadro III.3: Estimativa populacional para as freguesias do Município de Aveiro. (CEMA,2006).....	36
Quadro III.4: Valores de densidade populacional para as freguesias do Município de Aveiro (Fonte: INE, 2001).....	38
Quadro III.5: Rede rodoviária Nacional no Município de Aveiro (GPA,2002; pt.wikipedia.org).....	40
Quadro IV.1: Informação SIG cedida pela Câmara Municipal de Aveiro inserida na Base de Dados: nome do ficheiro, representação gráfica, tipo de ficheiro e conteúdo incluído.....	44
Quadro IV.1 (cont.): Informação SIG cedida pela Câmara Municipal de Aveiro inserida na Base de Dados: nome do ficheiro, representação gráfica, tipo de ficheiro e conteúdo incluído.....	45
Quadro IV.1 (cont.): Informação SIG cedida pela Câmara Municipal de Aveiro inserida na Base de Dados: nome do ficheiro, representação gráfica, tipo de ficheiro e conteúdo incluído.....	46
Quadro IV.1 (cont.): Informação SIG cedida pela Câmara Municipal de Aveiro inserida na Base de Dados: nome do ficheiro, representação gráfica, tipo de ficheiro e conteúdo incluído.....	47
Quadro IV.2: Descrição dos elementos cartográficos que constituem o volume 2 da tese de doutoramento de Gomes (1992).....	52

Quadro IV.3: Unidades geotécnicas existentes e respectiva simbologia original em Gomes (1992).....	57
Quadro IV.4: Unidades Geotécnicas e a correspondência com as unidades geológicas, segundo Teixeira e Zbyszewski (1976) (Adaptado de Gomes, 1992).....	58
Quadro IV.5: Caracterização das oito zonas geotécnicas para a região de Aveiro. Os factores que as definem estão indicados pelos números de 1 a 7, onde: 1) unidade geotécnica; 2) capacidade de carga; 3) susceptibilidade aos assentamentos; 4) aspectos geomorfológicos (relacionado com o declive da zona); 5) permeabilidade; 6) fenómenos geodinâmicos; 7) susceptibilidade de liquefacção.....	59
Quadro IV.5: Caracterização das oito zonas geotécnicas para a região de Aveiro. Os factores que as definem estão indicados pelos números de 1 a 7, onde: 1) unidade geotécnica; 2) capacidade de carga; 3) susceptibilidade aos assentamentos; 4) aspectos geomorfológicos (relacionado com o declive da zona); 5) permeabilidade; 6) fenómenos geodinâmicos; 7) susceptibilidade de liquefacção.....	60
Quadro IV.5 (cont.): Caracterização das oito zonas geotécnicas para a região de Aveiro. Os factores que as definem estão indicados pelos números de 1 a 7, onde: 1) unidade geotécnica; 2) capacidade de carga; 3) susceptibilidade aos assentamentos; 4) aspectos geomorfológicos (relacionado com o declive da zona); 5) permeabilidade; 6) fenómenos geodinâmicos; 7) susceptibilidade de liquefacção.....	61
Quadro IV.5 (cont.): Caracterização das oito zonas geotécnicas para a região de Aveiro. Os factores que as definem estão indicados pelos números de 1 a 7, onde: 1) unidade geotécnica; 2) capacidade de carga; 3) susceptibilidade aos assentamentos; 4) aspectos geomorfológicos (relacionado com o declive da zona); 5) permeabilidade; 6) fenómenos geodinâmicos; 7) susceptibilidade de liquefacção.....	62
Quadro IV.6: Características descritivas referidas na simplificação da compilação das sondagens hidrogeológicas, (T. Melo, V. Magalhães e H. Duarte: comunicação pessoal) usadas neste trabalho.....	63

Quadro IV.7 (cont.): Feature Datasets e Feature Classes existentes na Geodatabase desenvolvida neste trabalho.....	74
Quadro IV.7 (cont.): Feature Datasets e Feature Classes existentes na Geodatabase desenvolvida neste trabalho.....	75
Quadro IV.9: Feature Classes existentes na Feature Dataset “CartaGeotecnica”. Para cada uma delas indica-se a designação utilizada, a informação contida, o tipo de Feature Class, os atributos definidos pelo utilizador e algumas observações. A simbologia xxxx, corresponde ao nome da carta em questão (Aveiro, Barra, Costa Nova ou Ílhavo).....	80
Quadro IV.10: Parâmetros adoptados para as Feature Classes do tipo anotação.....	83
Quadro IV.11 : Simbologia ArcGis – ESRI utilizada para as Unidades Geotécnicas.....	91
Quadro IV.12: Situações particulares e sua simbologia.....	92
<i>Quadro V.1: Classificação das freguesias do Município de Aveiro quanto à vulnerabilidade a uma cheia considerando como base para a área inundável a descrita na Carta de Risco de Cheia.....</i>	<i>116</i>
Quadro V.2: Classificação das freguesias do Município de Aveiro quanto à vulnerabilidade face ao fenómeno de erosão costeira.....	121
Quadro V.3: Classificação das freguesias do Município de Aveiro quanto à vulnerabilidade sísmica (intensidade sísmica máxima, Escala de Mercalli).....	127
Quadro V.4: Altura das ondas do tsunami associado ao de 1755 (Baptista <i>et al.</i> , 2003).....	135
Quadro V.5: Classificação das freguesias do Município de Aveiro quanto aos danos causados pelo sismo e tsunami de 1755.....	139
Quadro V.6: Classificação das freguesias do Município de Aveiro quanto à existência no seu território administrativo de zonas protegidas ou de património nacional/mundial.....	144
Quadro V.7: Frota mundial, com indicação dos principais tipos de navios (valores dados em % de tonelagem) (Adaptado de Review of Maritime Transport, 2005 in MOPTC, 2006).....	154

Quadro V.8: Classificação das freguesias do Município de Aveiro quanto à vulnerabilidade face ao fenómeno de erosão costeira.....	162
Quadro V.9: Síntese de todas as classificações quanto a factores de Risco Natural e Tecnológico referidas nesta tese.....	165
Quadro V.10: Conversão das cores utilizadas nas classificações das freguesias em Índice Combinado de Risco.....	165
Quadro V.11: Conversão da simbologia utilizada na classificação das freguesias segundo a tipologia de áreas urbanas em índices numéricos.....	165
Quadro V.12: O valor do Índice Combinado de Risco para cada Freguesia do Município de Aveiro.....	166
Quadro VI.1: Classificação do índice ISA, segundo cores e segundo o seu valor numérico entre 1 e 10 (EUROCIPS, s/data).....	172

Índice de Figuras

Figura I.1: Área em estudo (figura realizada a partir da base de dados em Sistema de Informação Geográfica ArcGis desenvolvida neste trabalho; coordenadas UTM).....	2
Figura I.2: Excerto do cartograma português para as cartas militares 1/25000 (numeração cinzenta) e geológicas 1/50000 (numeração verde) (IgeoE, 2008). As cartas que representam a área em estudo estão identificadas a sombreado.....	3
Figura I.4: Exemplo da classificação ISA da linha de costa (Zona da Vagueira).....	6
Figura II.1: Principais unidades geológicas da Península Ibérica (Vera <i>et al.</i> , 2004).....	9
Figura II.2: Localização dos limites da Bacia Lusitânica (extraído de Kullberg, 2000).....	10
Figura II.3: Esquema estrutural do bordo Oeste da Península Ibérica. A: Unidades morfo-estruturais. O ponteadado limita espessuras de sedimentos superiores a 3000m, as cruzes elevações do soco hercínico. (modificado de Boillot & Malod, 1988)	11
Figura II.4 – Sistema de horsts e grabens gerado durante a extensão crustal da margem Oeste da Ibéria, como consequência dos episódios de “rifting” do Triássico e do Jurássico (Wilson <i>et al.</i> , 1989).....	11
Figura II.5: Configuração esquemática da Bacia Lusitânica no Triássico-Hetangiano (modificado de Kullberg <i>et al.</i> , 2006).....	12
Figura II.6 – Configuração esquemática da Bacia Lusitânica no Sinemuriano-Carixiano (Kullberg <i>et al.</i> , 2006).....	13
Figura II.7 – Configuração esquemática da Bacia Lusitânica no Kimeridgiano inferior (Kullberg <i>et al.</i> , 2006).....	14
Figura II.8 – Configuração esquemática da Bacia Lusitânica no Apciano superior (adaptado de Kullberg <i>et al.</i> , 2006).....	15
Figura II.9 – Quadro simplificado mostrando as relações entre eventos sedimentares e tectónicos no período de sin-rift (modificado de Kullberg <i>et al.</i> ,	

2006).....	16
Figura II.10: Carta Geológica de Aveiro (16-A), editada pelo Instituto Geográfico e Cadastral em 1975.....	19
Figura II.11: Divisão do Maciço Ibérico em zonas morfoestruturais (Farias <i>et al.</i> 1987, in Vera, 2004).....	20
Figura II.12: Geologia da região de Aveiro. (a) Cortes geológicos interpretativos definidos a partir de sondagens (adaptado de Lauverjat <i>et al.</i> , 1983). Os números indicam as referências das sondagens na figura (b); (b) Planta de Localização dos perfis representados em (a) (Lauverjat <i>et al.</i> , 1983).....	21
Figura II.13:Foto de Campo da formação Arenitos de Eirol.....	22
Figura II.14: Mapa onde se evidencia são Jacinto, formando uma espécie de península costeira que fecha a Ria a Ocidente	25
Figura II.15: Zona de Vilarinho onde se observa a margem NW baixa e aplanada e uma margem SE escarpada, mostrando o controlo tectónico do troço final do Rio Vouga. Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.....	26
Figura II.16: Um dos “braços citadinos” da Ria de Aveiro – Canal dos Botirões.....	27
Figura II.17: Evolução da Barra e posição da antiga linha de costa (adaptado de Abecasis, s/data).....	28
Figura III.1: O Município de Aveiro. a) Mapa representativo da divisão administrativa do Município de Aveiro, b) Localização do Município no Distrito de Aveiro e em Portugal Continental (PSEA, 2004).....	29
Figura III.2: Tipologia das áreas urbanas do Município de Aveiro em 1999 (adaptado de OPDS, 2001).....	30
Figura III.3: Aspecto de Aveiro, mostrando o Canal das Pirâmides e as marinhas de sal em 1950 (www.prof2000.pt).....	33
Figura III.4: Imagens do início séc XX mostrando a prosperidade da cidade, com a barra novamente aberta. A Feira das Cebolas nos Arcos (à esquerda) e o Rossio e Canal Central (à direita) (www.prof2000.pt).....	34
Figura III.5: Imagens representativas de algumas das actividades promotoras do desenvolvimento da cidade de Aveiro. Da esquerda para a direita, o windsurf, o	

turismo, as infraestruturas do Porto de Aveiro, a extracção de sal, a actividade piscatória e a vela.....	34
Figura III.6: Mapa representativo dos valores referentes à estimativa populacional em 2001 para as freguesias do Município de Aveiro, realizado com recurso à Base de Dados desenvolvida neste trabalho.....	37
Figura III.7: Mapa representativo da rede de vias rodoviárias e ferroviárias do Município de Aveiro (Aplicação Secur Ria – CMA).....	39
Figura III.8: Mapa identificando as linhas e ramais em exploração da Rede Ferroviária Nacional, onde se salientam (a verde) as linhas do Vouga e do Norte, que servem a região de Aveiro (REFER, 2008).....	40
Figura III.9: Mapa de estradas com indicação da rede rodoviária fundamental (IPs) e complementar (ICs) que servem a região de Aveiro (www.estradasdeportugal.pt).....	41
Figura IV.1: Informação disponibilizada pela Câmara Municipal de Aveiro.....	43
Figura IV.2: Representação do Modelo Digital de Cota de Cheia, utilizado para definir o polígono de Cheia. MDNC – Modelo Digital de Nivel de Cheia; MDT – Modelo Digital de Terreno; Z - ponto cotado (Coelho <i>et al.</i> , 2007).....	48
Figura IV.3: Cartas de unidades geotécnicas da região descrita por Gomes (1992) (Escala 1/65000).	50
Figura IV.4: Identificação num mapa da região de Aveiro das áreas correspondentes às oito cartas de Zonamento Geotécnico de Gomes (1992). As 4 cartas digitalizadas e georeferenciadas no âmbito deste trabalho (Aveiro, Barra, Costa Nova e Ílhavo) correspondem às áreas não sombreadas.	51
Figura IV.5: Esquema global das principais fases de trabalho envolvidas na realização da cartografia geotécnica da região de Aveiro (adaptado de Gomes, 1992).....	53
Figura IV.6: Esquema geral dos trabalhos desenvolvidos, com indicação das diferentes fases e ensaios realizados em cada um dos domínios. (Adaptado de Gomes, 1992).....	54
Figura IV.7: Excerto da carta de Zonamento Geotécnico de Aveiro original (Gomes, 1992). Elementos existentes nesta cartografia: a) cores, representando	

as zonas geotécnicas; b) simbologia de fundo, representando as unidades geotécnicas; c) base cartográfica 1/10000 de 1979; d) janelas de amostragem, indicando a profundidade a que se encontra o topo da unidade geotécnica subjacente.....	56
Figura IV.8: Exemplo de modelo de dispersão de uma macha de petróleo ao fim de 6 horas após o derrame, para um dos cenários propostos: maré-viva e com a contribuição dos caudais fluviais (Mendes, 2008).....	66
Figura IV.9: Arquitectura ArcGis (Fonte: ESRI).....	68
Figura IV.10: Funcionalidades gerais de cada uma das aplicações do ArcGis 9.2 (FDR, s/ data).....	69
Figura IV.11: Sistema de projecção Hayford-Gauss-Militar (ESTIG, s/data; Gaspar, 2005).....	71
Figura IV.12: Sistemas de projecção Hayford-Gauss-Melriça (ESTIG, s/data; Gaspar, 2005).....	72
Figura IV.13: Painel de Selecção do Sistema de Projecção no software ArcGis.....	72
Figura IV.14: Design da Geodatabase.....	73
Figura IV.15: Área correspondente às quatro cartas de Zonamento Geotécnico (Gomes, 1992) digitalizadas: Aveiro, Barra, Costa Nova e Ílhavo (coordenadas UTM).....	76
Figura IV.16: Scan da carta de Zonamento Geotécnico da Barra, original.....	77
Figura IV.18: Estrutura da Base de Dados respeitante à digitalização das cartas de Zonamento Geotécnico.....	79
Figura IV.19: Atributos (Fields) de uma Feature Class, neste caso Janelas_XXXX, onde se apresentam os atributos pré-definidos e os que são definidos pelo utilizador.....	81
Figura IV.20: Exemplo gráfico de uma Feature Class “Anot_titulo_XXXX”.....	81
Figura IV.21: Exemplo gráfico de uma Feature Class Anotacao_XXXX.....	82

Figura IV.22: Aspecto particular dos elementos da Feature Class Anotacao_Aveiro.....	82
Figura IV.23: Exemplo gráfico de uma Feature Class Janelas_xxxx, em que os pontos representam as localizações dos pontos correspondentes às janelas de amostragem nas CZG.....	83
Figura IV.24: Exemplo gráfico da Feature Class Limite_Geotecnia_Aveiro (à esq.) e da Feature Class Zonamento_Geotecnico_Aveiro (à dir.). Visualmente, não há diferenças entre as duas imagens, apesar de uma ser definida com base em linhas (esq.) e a outra com base em áreas (dir.).....	84
Figura IV.25: Imagem explicativa de como criar uma Feature Class de polígonos a partir de uma Feature Class de linhas.....	85
Figura IV.26: Painel da operação Polygon Feature Classes from lines.....	86
Figura IV.27: Exemplo de uma Carta de Zonamento Geotécnico onde é muito difícil distinguir as duas unidades geotécnicas (areias lodosas e lodos).....	87
Figura IV.28: Imagem explicativa de como criar uma classe de topologia.....	88
Figura IV.29: Painel da topologia.....	88
Figura IV.30: A barra de ferramentas da Topologia.....	89
Figura IV.31: Painel de selecção da simbologia no ArcMap.....	90
Figura IV.32: Painel de selecção das cores no ArcMap.....	90
Figura IV.33: Localização da ferramenta Merge no ArcToolbox.....	92
Figura IV.34: Mapa final resultante do Merge ainda com os limites entre as diferentes cartas de Zonamento Geotécnico singulares.....	93
Figura IV. 35: Mapa de Zonamento Geotécnico de parte da Região de Aveiro. Produzido utilizando a Base de Dados desenvolvida neste trabalho.....	94
Figura IV.36: Mapa Geológico simplificado de parte da Região de Aveiro. Produzido utilizando a Base de Dados desenvolvida neste trabalho.....	95
Figura IV.37: Feature Classes criadas para “picagem” das janelas de amostragem.....	97
Figura IV.38: Cartografia de sondagens geológicas e hidrogeológicas para a Região de Aveiro.Produzido utilizando a Feature Class “Sondagens_BDGA” desenvolvida.....	98

Figura IV.39: Tin criado para o Município de Aveiro a partir da Feature Class “Altimetria_PontosCotados”.....	100
Figura IV.40: Dispersão dos Pontos Cotados, onde se verifica uma dispersão na homogénea dos mesmos.....	101
Figura IV.41: Perspectiva do modelo 3D do Município de Aveiro, com a representação da ortofotocartografia do IGP, disponibilizada pela CMA.....	102
Figura IV.42: Perspectiva do modelo 3D do Município de Aveiro, com a representação da ortofotocartografia do IGP, disponibilizada pela CMA.....	102
Figura IV.43: Perspectiva do modelo 3D do Município de Aveiro, com a representação da ortofotocartografia do IGP, disponibilizada pela CMA.....	102
Figura IV.44: Perspectiva do modelo 3D do Município de Aveiro, com a representação da carta de Zonamento Geotécnico Digital desenvolvida no âmbito deste trabalho. As cores indicam as zonas geotécnicas de acordo com o Quadro IV.5: (a) a verde, as zonas com melhores características geotécnicas, favoráveis ao planeamento urbano e suburbano da região de Aveiro; (b) a vermelho, as zonas com piores características geotécnicas, associadas a zonas de inundações e instabilidade e, (c) a amarelo, zonas com características intermédias entre as situações (a) e (b).....	103
Figura IV.45: Perspectiva do modelo 3D do Município de Aveiro, com a representação da carta de Zonamento Geotécnico Digital desenvolvida no âmbito deste trabalho.....	103
Figura IV.46: Perspectiva do modelo 3D do Município de Aveiro, com a representação da carta de Zonamento Geotécnico Digital desenvolvida no âmbito deste trabalho.....	103
Figura V.1: Tipo de causas dos acidentes de origem natural ocorridos em Portugal entre 1985 e 1997 (DGA, 1999).....	107
Figura V.2: Mapa moderno de riscos em Portugal continental, com indicação de fenómenos naturais (erosão litoral, troços de influência de ruptura de barragem, perigo de inundação, perigo de maremoto e sismicidade) e perigos tecnológicos (identificação dos estabelecimentos com relatórios de segurança e localização de gasodutos e oleodutos) (<i>in</i> Felizes, 2008).....	108
Figura V.3: Carta de risco de incêndio (Fonte: DGRF, 2004 <i>in</i> , DGA, 2006)	109

Figura V.4: Bacia hidrográfica do Rio Vouga e respectiva rede hidrográfica (adaptado de DRAC, 1998).....	111
Figura V.5: Representação gráfica da pluviosidade média anual na Bacia Hidrográfica do Rio Vouga (PBHV, 2001).....	111
Figura V.6: Carta de Risco de Cheia sobre as freguesias do Município de Aveiro, com indicação das vias rodoviárias e das construções em zona habitável não inundável (rosa) e em zona inundável (amarelo). Produzida utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.....	112
Figura V.7: Metodologia utilizada na contagem de casas potencialmente inundadas pela área de cheia definida no polígono.....	114
Figura V.8 : Classificação das freguesias do Município de Aveiro quanto à existência de construções inundadas no caso de uma cheia em que a área de inundação seja a definida no polígono de cheias. Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.....	115
Figura V.9: Aspecto das cheias em Aveiro. a) Canal Central e parte do Rossio inundados (Raul Marques de Almeida - Aveiro, 1938 in www.prof2000.pt); b) Localização da fotografia (a) e identificação das construções afectadas pelo polígono de Cheias na zona do Rossio: a vermelho indicam-se as construções inundadas, a verde as construções não afectadas, a roxo as vias rodoviárias e a azul o polígono de cheias (Coelho et al., 2007). Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.....	117
Figura V.10: Distribuição espacial do Índice de Seca em Julho 2008 (Fonte: IM, 2008).....	118
Figura V.11: Vista aérea da barra de Aveiro. Note-se a acumulação de areias contra o molhe Norte, bem como o grande desfasamento entre a linha de costa, a norte e a Sul da barra. a) Fotografia aérea (www.portodeaveiro.pt) (b) Imagem de satélite actual (Google Earth).....	120
Figura V.12: Carta de Risco de Erosão Costeira elaborada no âmbito do Projecto SECUR-Ria (adaptado de SECUR-Ria).....	121
Figura V.13: Zonamento Sísmico do território continental português, em que o risco sísmico mais elevado corresponde à letra A e o menor à letra D (RSA, 1983, in ANPC).....	123

Figura V.14: Carta de Intensidades máximas históricas para Portugal Continental (IM, 2000, in ANPC).....	123
Figura V.15: Representação gráfica dos epicentros dos sismos históricos em Portugal Continental. Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.....	124
Figura V.16: Representação gráfica das lineações morfológicas em conjunto com os epicentros de sismos, existentes num raio de 10 Km em torno do Município de Aveiro. Indicação do ano em que ocorreram e da magnitude respectiva (Ano /Magnitude). Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.....	125
Figura V.17: Carta de Risco Sísmico para o Município de Aveiro, disponível em Aplicação SECUR-Ria da Câmara Municipal de Aveiro. Esta classificação baseia-se no mapa das zonas de intensidade sísmica máxima (escala de Mercalli) no período de 1901-1972, existente na versão digital do Atlas do Ambiente, do Instituto do Ambiente.....	126
Figura V.18 – Rede Sismográfica de Portugal Continental (Fonte: IM, 1999 in DGA,1999)	128
Figura V.19 – Rede Sismográfica dos Açores e da Madeira (Fonte: IM, in DGA,1999).....	129
Figura V.20: Carta de Isossistas do Sismo de 1755 (PROT, 2004).....	130
Figura V.21: Lisboa séc XVII, antes do terramoto.....	130
Figura V.22: Gravura representativa do terramoto de 1755, de Lisboa, Séc. XVIII.....	130
Figura V.23: O Tsunami em Lisboa.....	131
Figura V.24: Excerto dos inquéritos de 1756 (www.prof2000.pt).....	132
Figura V.25: Representação das freguesias do Município de Aveiro de acordo com os danos materiais verificados como consequência do sismo e tsunami de 1755. Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.....	134
Figura V.26: Mapa da margem oeste Ibérica. Batimetria indicada em metros, canhões submarinos (a itálico): P = Porto; A = Aveiro; DCV = Dom Carlos Valley; C = Cascais; S = Setúbal; N = Nazaré; CF = Cape Finisterra; SV = Cape Saint	

Vincent. Outras morfologias: GB = Banco da Galicia; P = Monte Submarino Porto; T = Monte Submarino Tore; V = Monte Submarino Vigo; VDG = Monte Submarino Vasco de Gama; ES = Esporão da Estremadura; GoB = Banco de Gorringe (Pinheiro <i>et al.</i> , 1996).....	137
Figura V.27: Probabilidade de ocorrência de sismos em Portugal Continental e nas suas proximidades (Rio, 1996 in Oliveira, 2008).....	138
Figura V.28: Densidade demográfica em 1756, sobre a carta administrativa oficial portuguesa para o Município de Aveiro (2007) (Adaptado de Sarmento & Cardoso, 2006). Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.....	139
Figura V.29: Classificação das freguesias do Município de Aveiro quanto aos danos causados pelo sismo e tsunami de 1755.....	140
Figura V.30: Freguesias do Município de Aveiro classificadas de acordo com a densidade populacional em 2001 (Fonte: Pinto, 2004). Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.....	141
Figura V.31: Freguesias do Município de Aveiro classificadas de acordo com a Variação da densidade populacional entre 1756 e 2001, apresentada como factor multiplicativo. Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.....	142
Figura V.32: Zona da Barra, Costa Nova e Gafanha da Nazaré, onde é evidente a sobreocupação da região, em zona de forte exposição marinho-lagunar (Google Earth).....	143
Figura V.33: Fotografia aérea da freguesia de São Jacinto. (a) Representação de toda a freguesia, com indicação a laranja da localização da foto b); (b) Pormenor da zona urbanizada, do Porto de Aveiro (canto inf. Direito) e da base militar (Google Earth).....	144
Figura V.34: Classificação das freguesias do Município de Aveiro quanto à existência no seu território administrativo de zonas protegidas ou de património nacional/mundial.....	145
Figura V.35: Tipo de Construções que caracterizam a zona da Barra. Construções em cima do cordão dunar que separa o mar e a Ria de Aveiro.....	146

Figura V.36: Análise da altimetria, através das curvas de nível, nas freguesias mais próximas da zona costeira e da abertura da barra de Aveiro. Indicação a azul claro, das curvas de nível correspondentes a cotas superiores ou iguais a 5 m e a azul mais escuro indicam-se as curvas de nível que identificam cotas inferiores a 5 m. Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.....	148
Figura V.37: Esquema simplificado para explicar a liquefacção: a) antes da liquefacção, b) durante a liquefacção e c) após a liquefacção (ISHIHARA, 1985, in Carreira, 2005).....	149
Figura V.38: Áreas aflorantes das unidades geotécnicas em estudo (Adaptado de Gomes, 1992). At –Aterros; Af - Aluviões Fluviais; I – Lodos; al - Areias lodosas; Ap - Areias de praia; Ad -Areias dunares; Q - Terraços de Praias Antigas; Qc - Terraços Fluviais antigos; Cs - Complexo silto-argiloso; CA - “Argilas de Aveiro”; CE - Complexo Argilo-Arenoso; CR - Complexo Arenoso-siltoso; T – Arenitos; X – Xistos.....	150
Figura V.39: Carta de potencial de risco de liquefacção, com base na localização das areia duneres cartografadas por Gomes (1992). Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.....	151
Figura V.40: Superfície Piezométrica referida a Agosto de 1996 (Serrano e Garcia, 1997 in CCDRC, 1999).....	152
Figura V.41: Tráfego de navios a nível mundial (site:”veja.abril.com.br”).....	154
Figura V.42: Esquemas de Separação de Tráfego. (a) Corredores de tráfego na costa portuguesa ; (b) Pormenor da zona do Cabo da Roca (Fonte: MOPTC, 2008).....	155
Figura V.43: Zona Económica Exclusiva Portuguesa e perspectivas de extensão da área sob jurisdição nacional (“Plataforma Continental”)(EMEPC).....	157
Figura V.44 : Sistema Portuário Comercial do Continente (MOPTC, 2006).....	157
Figura V.45: Fotografia aérea do Porto de Aveiro (www.portodeaveiro.pt).....	158
Figura V.46: Resultado das simulações para três 3 diferentes tipos de maré (maré-viva, maré-morta e maré-média), e em duas situações distintas, com e sem a contribuição dos caudais fluviais médios, ao fim de 6 horas após o derrame (Mendes, 2008).....	161

Figura V.47: Representação gráfica do Índice Combinado de Risco para cada uma das freguesias, proposto neste trabalho.....	166
Figura VI.1: Excerto de um Mapa de Índices de Sensibilidade Ambiental (ISA) produzido pelo NOAA para a região do Delaware Bay (NOAA).....	170
Figura VI. 2: Classificação das espécies existentes num mapa ISA, com indicação da simbologia e do número específico da espécie.....	174
Figura VI.3: Excerto de um Mapa de Índices de Sensibilidade Ambiental produzido pelo NOAA (NOAA), com identificação das infra-estruturas humanas.....	175
Figura VI.4: Infra-estruturas Humanas que devem ser identificadas num mapa ISA (NOAA).....	175
Figura VI.5: Excerto do PowerPoint elaborado relativo a um sector da costa Mira – Vagueira, classificado de acordo com o índice de sensibilidade ambiental (ISA).....	176
Figura IV.6: Classificação ISA para o troço Mira-Ovar desenvolvido nesta tese.....	177
Figura VI.7: Classificação ISA para o troço Mira-Vagueira, segundo o Atlas Costeiro de Portugal (EUROCIPS, s/ data).....	

Capítulo I. Introdução

I.1 Natureza e âmbito deste trabalho

O presente trabalho insere-se na disciplina de Projecto/Estágio do 5ºano curricular, que no modelo de Bolonha corresponde actualmente ao Mestrado em Engenharia Geológica (2º ciclo).

Foi desenvolvida uma Base de Dados em Sistema de Informação Geográfica (ArcGis), reunindo diversa informação de natureza geológica e ambiental, por forma a tornar possível o desenvolvimento de uma ferramenta, interdisciplinar e uniformizada, para apoio às entidades municipais responsáveis pela gestão do risco, natural e tecnológico, na região de Aveiro.

A compilação e tratamento dos vários níveis de informação (cartografia de Zonamento Geotécnico, compilação de furos de sondagens e classificação da linha de costa de acordo com índices de sensibilidade ambiental) na base de dados, foi possível graças à cooperação de vários especialistas em Geologia, Geofísica e Oceanografia Física, e da própria Câmara Municipal de Aveiro que cedeu informação cartográfica de base para este trabalho.

I.2 Localização da área de estudo

A área em estudo localiza-se na margem oeste de Portugal e engloba o Município de Aveiro e a faixa costeira entre Mira e Ovar (Figura I.1).

Abrangendo uma área de cerca de 560 km², é limitada, a Norte e a Sul, pelos paralelos 35°52' N e 40°25' N, respectivamente, a Este pelo meridiano 8°28' W e a Oeste pelo Oceano Atlântico. Corresponde, parcial ou totalmente, às folhas da Carta Militar de Portugal, escala 1/25000, editadas pelos *Serviços Cartográficos do Exército*, números 153, 162-A, 163, 173, 174, 184, 185, 195, 196 e 206 (Figura I.2).

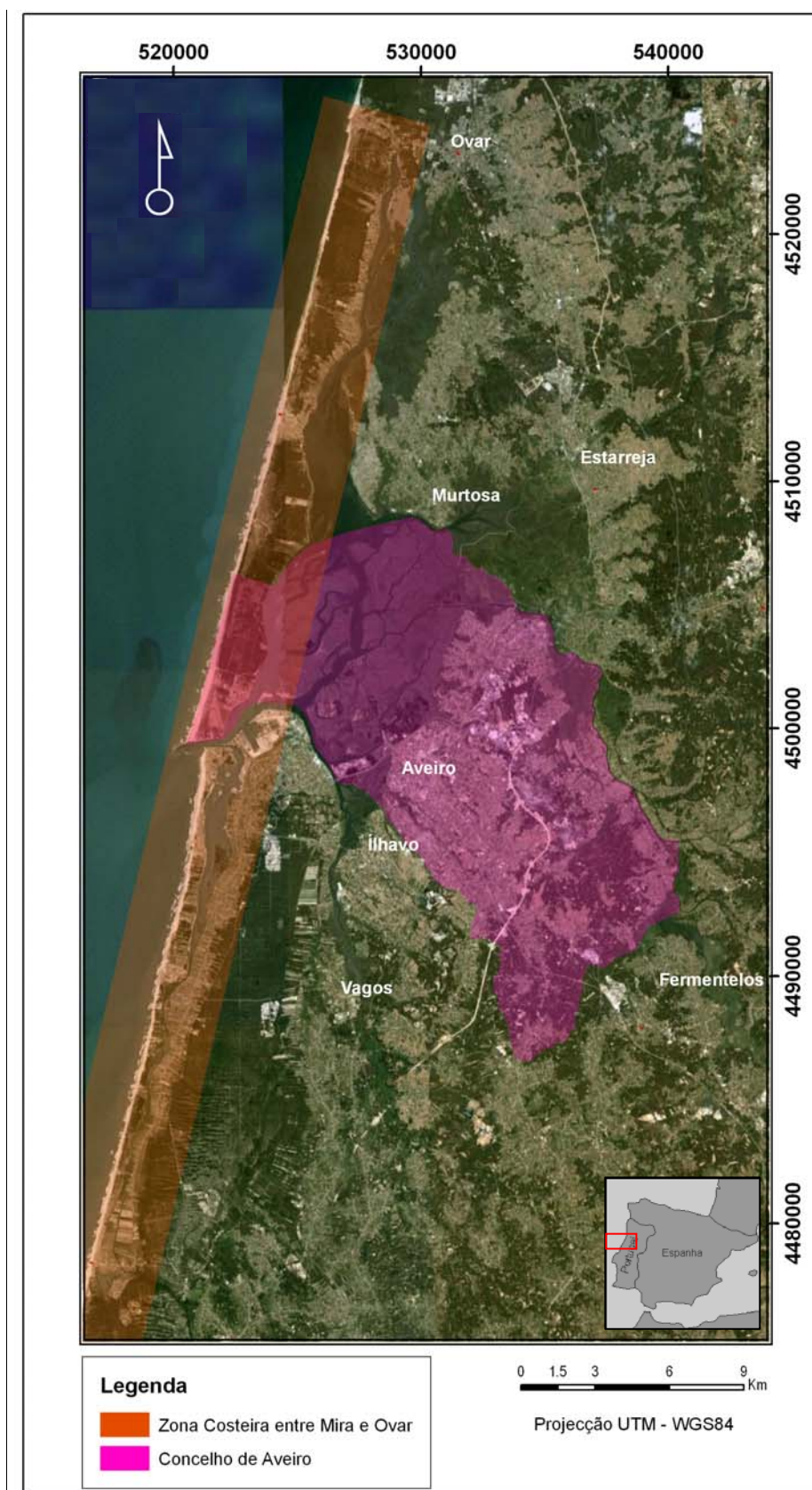


Figura I.1: Área em estudo (figura realizada a partir da base de dados em Sistema de Informação Geográfica ArcGis desenvolvida neste trabalho; coordenadas UTM).

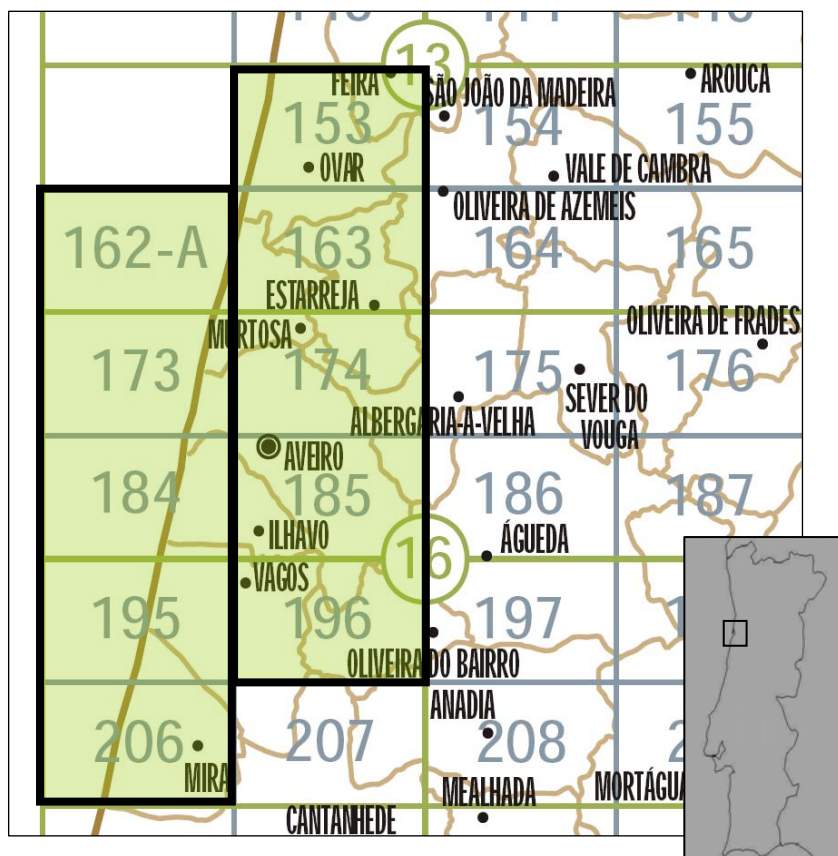


Figura I.2: Excerto do cartograma português para as cartas militares 1/25000 (numeração cinzenta) e geológicas 1/50000 (numeração verde) (IgeoE, 2008). As cartas que representam a área em estudo estão identificadas a sombreado.

As cartas geológicas, escala 1/50000 que incluem a zona de estudo, editadas pelo Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Gestão (INETI), são a 13-C (Ovar), a 16-A (Aveiro) e a 16-C (Vagos) (Figura I.2).

A região em estudo encontra-se quase toda sob a administração do Distrito de Aveiro, excepto a zona compreendida entre a Gafanha do Areão e a Praia de Mira, que é administrada pelo Distrito de Coimbra.

I.3 Objectivos

O objectivo geral deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta de apoio às entidades municipais da região de Aveiro, em Sistema de Informação Geográfica (ArcGis), que contribua para a gestão das catástrofes naturais e tecnológicas nesta área.

Para a concretização deste objectivo geral foram considerados os seguintes objectivos específicos:

- Desenvolver uma ferramenta informática para apoio à gestão de risco, utilizando o software ArcGis, sobre uma base de dados georeferenciada inicial, desenvolvida pela Câmara Municipal de Aveiro;
- Identificar e caracterizar os vários riscos naturais e tecnológicos potenciais na região de Aveiro;
- Digitalizar e introduzir no sistema ArcGis, a Carta de Zonamento Geotécnico da região de Aveiro;
- Aplicar o modelo do NOAA para a construção de um mapa Índices de Sensibilidade Ambiental para a linha de costa entre Mira e Ovar.

I.4 Dados utilizados

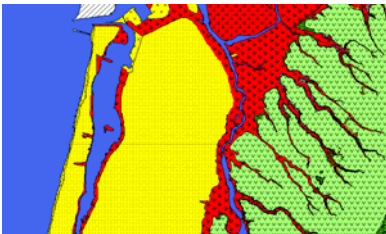
Neste trabalho foram utilizados os dados da base cartográfica disponibilizada pela Câmara Municipal de Aveiro, onde se incluiu, para todas as freguesias do Município de Aveiro, Ortofotos, dados cartográficos relativos às vias, construções, altimetria, rede hidrográfica, limites administrativos e ainda uma Carta de Risco de Cheia.

Foram digitalizadas e georreferenciadas as cartas de Zonamento Geotécnico originais em papel, elaboradas por Gomes (1992) e foi também incluída uma base de dados de sondagens geotécnicas e hidrogeológicas compiladas por T. Melo, V. Magalhães e H. Duarte (comunicação pessoal).

Foram também efectuados levantamentos fotográficos das características geomorfológicas da linha costeira entre Mira e Ovar para determinação dos Índices de Sensibilidade Ambiental para esta área.

I.5 Metodologia

O presente trabalho foi realizado no período de um ano, durante o qual foram desenvolvidas diversas tarefas que estão apresentadas na Quadro I.1, na qual se descrevem igualmente as actividades desenvolvidas em cada uma delas.

<p>Digitalização das Cartas de Zonamento Geotécnico</p>  <p><i>Figura I.3: Carta digital de Zonamento Geotécnico de Aveiro, Barra, Costa Nova e Ílhavo.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Obtenção das cartas de Zonamento Geotécnico originais em papel realizadas pelo Prof. Luís Ferreira Gomes (Universidade da Beira Interior); • Familiarização com o software ArcGis, com apoio do Dr. João Paulo Hespanha (Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda); • Estruturação da Base de Dados ArcGis, para correcta integração da informação; • Digitalização das cartas de Zonamento Geotécnico de Aveiro, Barra, Costa Nova e Ílhavo (Figura I.3); • Verificação da topologia e reunião das quatro cartas de Zonamento individuais num único elemento cartográfico; • Preparação dos <i>layouts</i> para as cartas geológicas e geotécnicas, referentes às quatro zonas referidas.
<p>Identificação e Caracterização dos Riscos Naturais e Tecnológicos Potenciais na Região de Aveiro</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa bibliográfica relativa aos Riscos Naturais que afectam Portugal e em particular a região de Aveiro; • Aplicação da Base de Dados Geoambiental desenvolvida à avaliação do risco de cheia e risco sísmico/tsunami, na ocupação humana da área em estudo; • Proposta de classificações, face à vulnerabilidade a diferentes riscos, para cada uma das freguesias do Município e elaboração de um Índice Combinado de Risco para cada uma destas.

Quadro I.1: Tarefas realizadas durante o desenvolvimento do projecto e actividades envolvidas em cada uma delas.

Produção de um Mapa preliminar de Índices de Sensibilidade Ambiental (ISA)

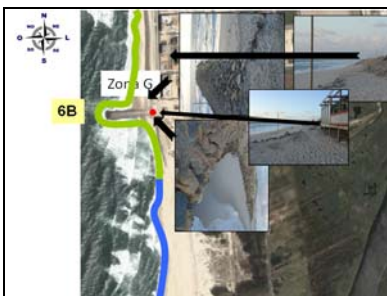


Figura 1.4: Exemplo da classificação ISA da linha de costa (Zona da Vaqueira).

- Adopção da metodologia de trabalho desenvolvida pela Agência Federal Americana - National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA);
- Reconhecimento da zona costeira entre Mira e Ovar;
- Criação de uma biblioteca de fotografias aéreas da região (ortofotos e programas de visualização de imagens de satélite, ex.: GoogleEarth), e realização de saídas de campo para observação *in situ*;
- Criação de uma Base de Dados, desenvolvida em ArcGis, Access e PowerPoint, com fotos e *clips* de vídeo em cada ponto de controlo (Figura 1.4);

Criação de uma Base de Dados de Sondagens Geotécnicas e Hidrogeológicas

- Recolha e compilação Bibliográfica das sondagens geotécnicas e hidrogeológicas existentes na área em estudo;
- Criação de *Feature Classes* de pontos de amostragem, reais e interpretados, a partir das cartas de Zonamento Geotécnico;
- Integração na Base de Dados ArcGis da compilação dos dados referentes às sondagens geotécnicas e hidrogeológicas.

Quadro 1.1 (cont.): Tarefas realizadas durante o desenvolvimento do projecto e actividades envolvidas em cada uma delas.

I.6 Estrutura do Trabalho

O primeiro capítulo, com carácter introdutório, esclarece o âmbito e objectivos do trabalho, a localização da área de estudo e faz um enquadramento da dissertação, enunciando a metodologia do trabalho e dados utilizados.

No capítulo II faz-se o enquadramento geológico e geomorfológico da área de estudo.

No capítulo III apresenta-se o Município e a Ria de Aveiro, relativamente às divisões administrativas, indicadores demográficos, acessibilidades que servem o Município e a importância sócio económica do Município e da Ria.

O capítulo IV descreve as várias etapas do desenvolvimento da Base de Dados em Sistema de Informação Geográfica ArcGis, começando pela identificação e descrição dos dados introduzidos, passando pela estrutura adoptada e finalizando com a apresentação das informações e mapas produzidos.

No capítulo V analisam-se os efeitos dos fenómenos associados aos riscos naturais e tecnológicos, no Município e especificamente em cada uma das freguesias de Aveiro, recorrendo à base de dados desenvolvida (capítulo IV) e à pesquisa bibliográfica efectuada (capítulo III).

O capítulo VI apresenta a metodologia NOAA, como metodologia para a avaliação da sensibilidade ambiental de zonas expostas a derrames petrolíferos, e mostra os resultados da aplicação desta metodologia à caracterização da linha de costa entre Mira e Ovar.

Por último, o capítulo VII apresenta as conclusões de todo o trabalho desenvolvido.

Capítulo II. Enquadramento Geológico e Geomorfológico da Região de Aveiro

II.1 A Bacia Lusitânica

A região de Aveiro situa-se no bordo Ocidental de Portugal Continental, na Bacia Lusitânica formada no Mesozóico (Figura II.1).

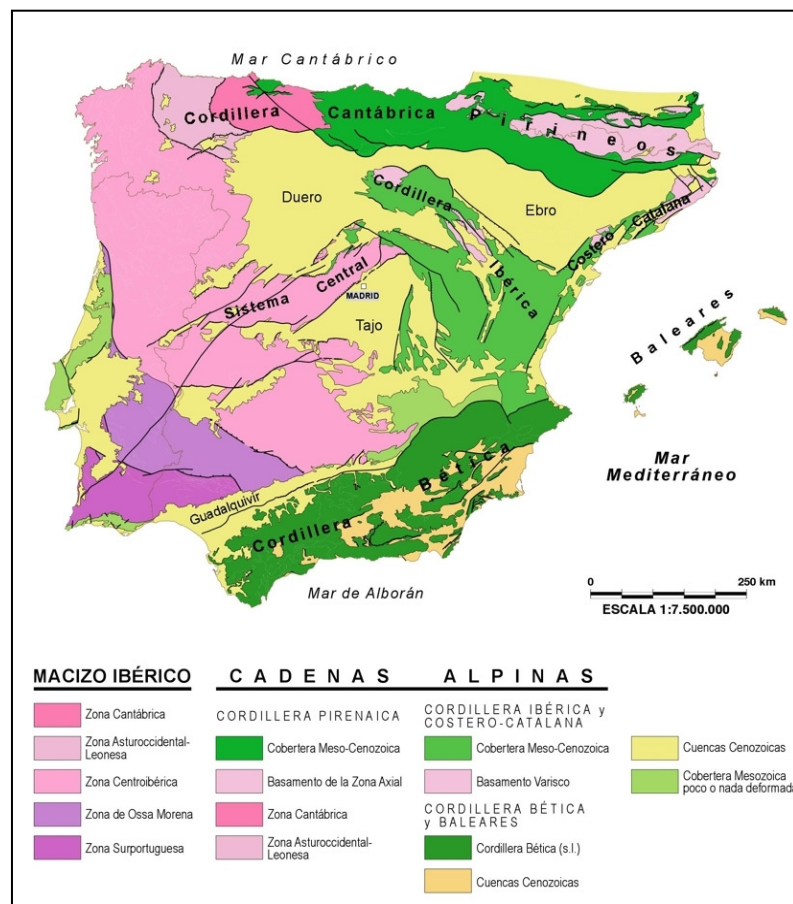


Figura 11.1: Principais unidades geológicas da Península Ibérica (Vera et al., 2004).

A Bacia Lusitânica constitui uma depressão alongada segundo a direcção NNW-SSE, com cerca de 300 km na direcção Norte-Sul e 150 km na direcção

Este-Oeste (Ribeiro *et al.*, 1979; Wilson *et al.*, 1989, Azerêdo *et al.*, 2002). A sua área divide-se entre o domínio onshore (11900 km²) e o offshore (10100 km²).

A Bacia é limitada, a Este, por um complexo sistema de falhas (Porto – Tomar, Arrife -Vale Inferior do Tejo, Setúbal – Pinhal Novo), que separa esta unidade morfoestrutural do Maciço ibérico (que se surge como soco da Bacia) e a Sul, pela Falha da Arrábida, com direcção ENE-WSW (Mougenot, 1989) (Figura II.2).

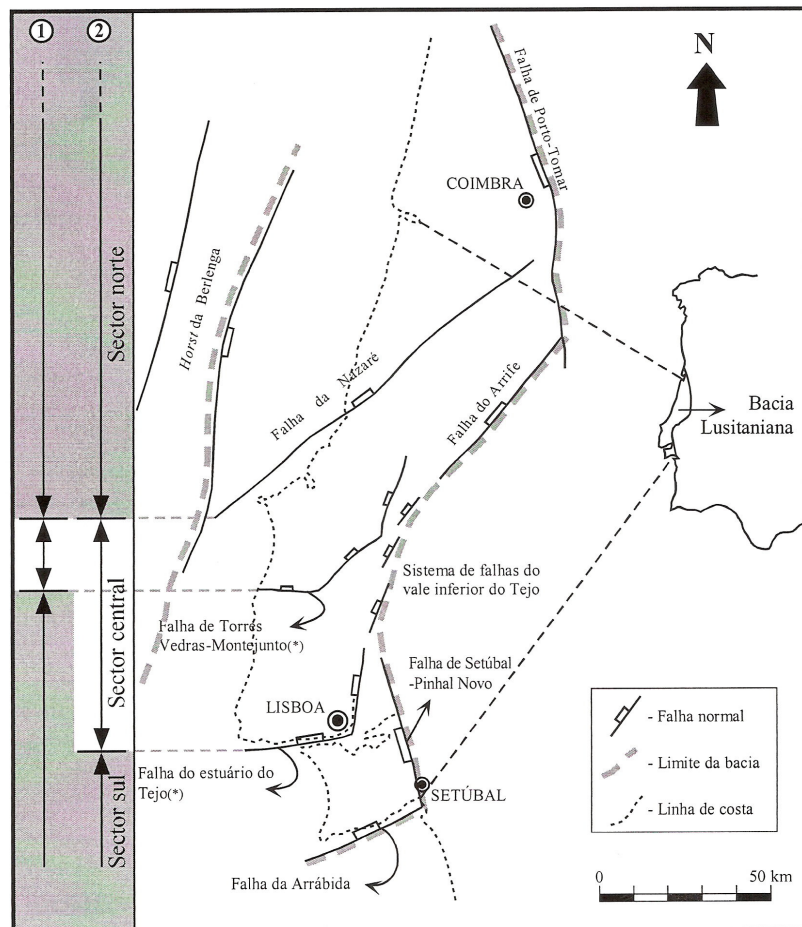


Figura II.2: Localização dos limites da Bacia Lusitânica (extraído de Kullberg, 2000).

O limite Oeste da Bacia Lusitânica, já no domínio offshore, corresponde ao limite definido pela bordadura ocidental das fossas da Beira Litoral e da Estremadura (Figura II.3) e por um conjunto de afloramentos descontínuos de soco observados na plataforma continental, descritos como um sistema de *horsts* (Rocha, 1993) (Figura II.4), sendo o arquipélago das Berlengas uma das suas expressões (Azevedo, 2007).

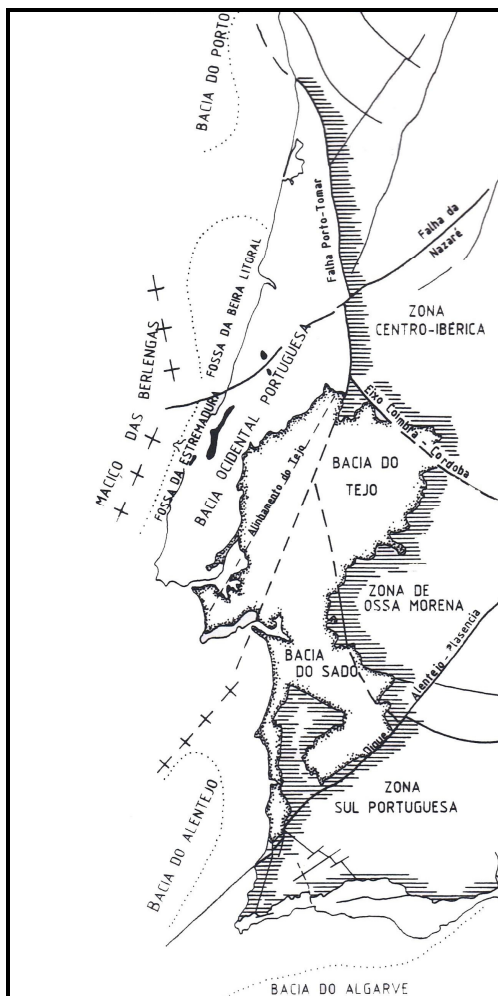


Figura II.3: Esquema estrutural do bordo Oeste da Península Ibérica. A: Unidades morfo-estruturais. O ponteadado limita espessuras de sedimentos superiores a 3000m, as cruzes elevações do soco hercínico. (modificado de Boillot & Malod, 1988).

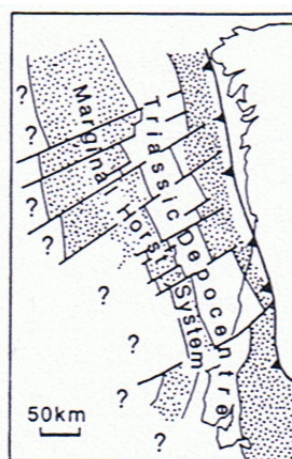


Figura II.4: Sistema de horsts e grabens gerado durante a extensão crustal da margem Oeste da Ibéria, como consequência dos episódios de "rifting" do Triássico e do Jurássico (Wilson et al., 1989).

II.1.1 Evolução Paleogeográfica e Paleo-Tectónica da Bacia Lusitânica

A evolução da Bacia Lusitânica, considerada como um *rift* abortado (Mougenot, 1989), não se pode descrever como um processo geodinâmico monofásico e simples. Na verdade, a evolução da Bacia não envolveu apenas uma fase de *rifting*, mas pelo menos quatro fases (Wilson *et al.*, 1989; Kullberg *et al.*, 2006) e a sua evolução relaciona-se essencialmente com as diferentes fases de abertura do Atlântico Norte.

Considera-se assim, que a evolução e aparecimento da Bacia terá ocorrido num ambiente tectónico predominantemente de extensão, justificando as várias fases de *rifting*, mas à qual também se associam momentos compressivos desde o Cenozóico.

Segundo Kullberg *et al.* (2006), é possível individualizar quatro etapas maiores de enchimento da Bacia, relacionadas com as fases de *rifting* do Atlântico Norte: (1) Triássico superior - Jurássico inferior (Sinemuriano); (2) Jurássico inferior (Sinemuriano) - Jurássico superior (Oxfordiano); (3) Jurássico superior (Kimeridgiano) - Cretácico inferior (Berriasiano), e (4) Cretácico inferior (Berriasiano) - Cretácico inferior (Apciano).

A primeira fase de *rifting* terá correspondido a sucessivos episódios de distensão que acompanharam a abertura do Atlântico Norte. A distensão, com uma direcção aproximada ENE-WSW, levou à reactivação de falhas herdadas do ciclo Hercínico e à separação das placas Africana e Americana, com o aparecimento das primeiras fossas (Figura II.5).

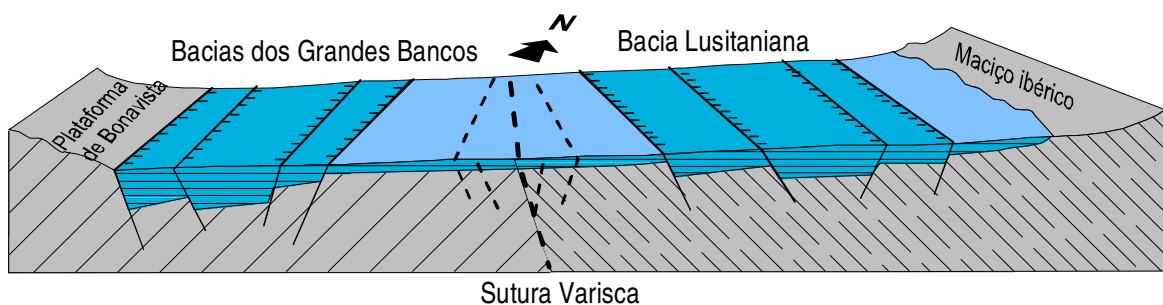


Figura II.5: Configuração esquemática da Bacia Lusitânica no Triássico-Hetangiano (modificado de Kullberg *et al.*, 2006).

O aparecimento das fossas levou à individualização de várias depressões e já nesta fase verificaram-se algumas invasões marinhas episódicas que foram responsáveis pela deposição de fácies marinho-lacustres e depósitos evaporíticos, estes últimos também resultantes do clima árido/semi-árido existente (Kullberg *et al.*, 2006).

Uma notável descida do mar antecede a segunda fase de *rifting*, pondo a descoberto a plataforma (Pena dos Reis *et al.*, 1992). Com a distensão no sentido WSW-ENE (Ribeiro *et al.*, 1979), a Bacia Lusitânica sofre uma profunda transformação, passando a estruturar-se em *half-grabens*, com basculamento para W. Desta forma a Bacia adquire uma configuração mais assimétrica e instalam-se condições marinhas mais acentuadas.

A Oeste do 'horst' das Berlengas, que se comporta como limite activo durante a maior parte do tempo de duração deste episódio de *rifting*, diferencia-se um domínio externo e a Bacia Lusitânica passa a constituir uma bacia interna de mar epicontinental (Figura II.6). Só nesta fase se forma a primeira crusta oceânica (Pinheiro *et al.*, 1992; Pinheiro *et al.*, 1996).

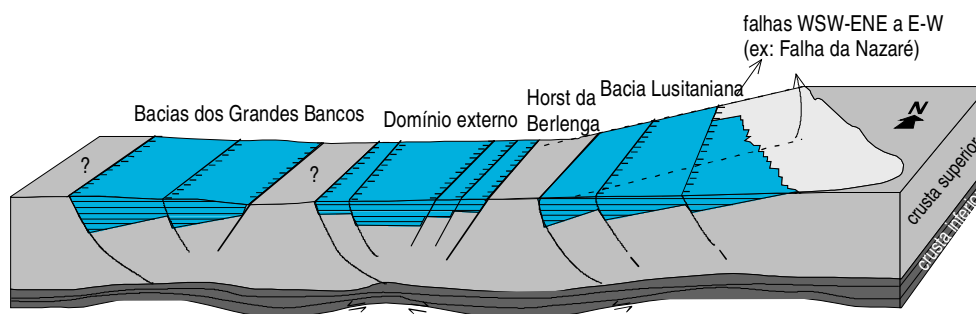


Figura II.6: Configuração esquemática da Bacia Lusitânica no Sinemuriano-Carixiano (Kullberg *et al.*, 2006).

A componente siliciclástica dos depósitos é muito importante, sobretudo a partir do fim do Jurássico inferior, quando se acentua a tendência regressiva, propiciando a formação de fácies de pequena a média profundidade.

O 3º episódio de *rifting* é provocado por uma forte aceleração da distensão, relacionada com a implantação da dorsal oceânica no sector adjacente à Bacia. A distensão tem direcção E-W (Azevedo, 2007) e a Bacia reassume uma morfologia em *graben* central marginado por vários *semi-grabens* escalonados até ao Maciço Hespérico (Rocha, 1993) com geração de grandes relevos. As falhas

responsáveis por esta geometria constituem os actuais limites tectónicos da Bacia Lusitânica (Figura II.7).

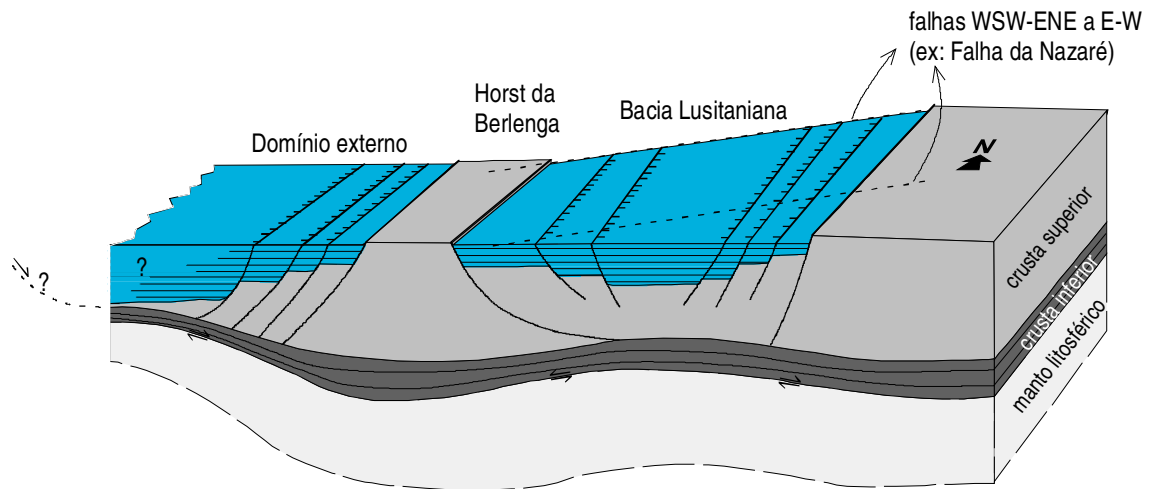


Figura II.7: Configuração esquemática da Bacia Lusitânica no Kimeridgiano inferior (Kullberg et al., 2006).

O centro da Bacia continua a apresentar uma taxa de subsidência elevada e um ambiente de águas relativamente profundas. Contudo, a instabilidade tectónica generalizada provoca o transporte de material siliciclástico para a bacia, originando importantes sistemas de leques deltaicos submarinos em domínio de plataforma carbonatada - terrígena.

Durante o Cretácico inferior, inicia-se o 4º episódio de *rifting* e produzem-se profundas alterações na Bacia Lusitânica. Este episódio está marcado no registo sedimentar por uma lacuna estratigráfica, devido a uma inversão tectónica que antecedeu esta fase, que se estende a toda a Bacia, com excepção da região de Sintra-Cascais, que desde a terceira fase de *rifting*, devido à subdivisão da Bacia em sub-bacias, teria passado a funcionar como um golfo, sem comunicação com a zona Norte da Bacia (Figura II.8).

Ao 4º episódio de *rifting*, associam-se ainda a manifestações magmáticas de natureza alcalina que parecem ter constituído o mecanismo despoletador do diapirismo de sal (Azevedo, 2007).

Nos finais do Cenomaniano superior ocorrem os processos geológicos associados à evolução pós-*rift*. A plataforma é fortemente perturbada por movimentos compressivos associados com a convergência África/Eurásia, que

provocam alguns soerguimentos (Pinheiro et al., 1996; Wilson et al. 1989; Mougenout, 1989; Azevedo, 2007).

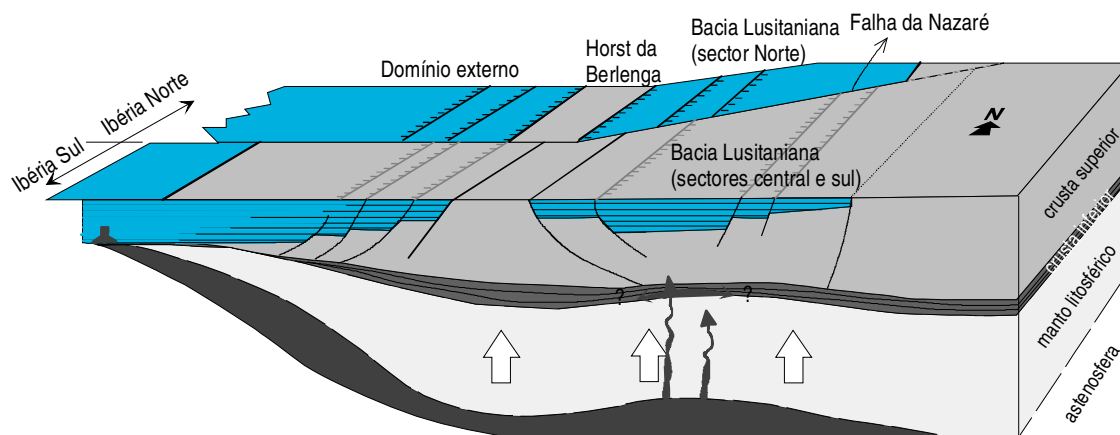


Figura II.8: Configuração esquemática da Bacia Lusitânica no Apciano superior (adaptado de Kullberg et al., 2006).

Segundo Callapez (2006), é possível distinguir duas etapas fundamentais de enchimento da Bacia Lusitânica a partir do Cretácico inferior (Apciano). A primeira (Cenomaniano-Turoniano), representada na Estremadura e Beira Litoral, corresponde à instalação gradual de uma plataforma carbonatada. A segunda etapa de enchimento (Campaniano superior – Maastrichtiano), restringe-se ao sector setentrional da orla mesozóica, em particular, às regiões do Baixo Mondego e Aveiro. É caracterizada por uma sedimentação essencialmente lutítica, constituída por sucessões de argilitos avermelhados com restos de pequenos vertebrados e moluscos terrestres, intercalados com níveis arenosos grosseiros, indicando o desenvolvimento de um extenso sistema aluvial meandriforme (Callapez, 1999). Segue-se uma transição gradual para domínios mais externos de natureza lagunar ou litoral.

A inversão tectónica da Bacia ocorre no final do Cretácico superior, altura em que se registam episódios compressivos, resultantes das colisões entre a Península Ibérica e a Europa e entre a África e a Península Ibérica (Mougenot, 1989), que estão na origem da formação das cadeias Pirenaica e Bética.

São dois os principais episódios compressivos durante o Cenozóico: um de compressão menor no Eocénico (fase Pirenaica da orogenia Alpina) e um outro no Miocénico que terá correspondido a uma importante fase de deformação

relacionada com a formação da cordilheira Bética (Wilson et al., 1989; Pinheiro et al., 1996).

II.1.6 Estratigrafia da Bacia Lusitânica

A Bacia Lusitânica encontra-se preenchida por sedimentos de idades compreendidas entre o Triássico superior (início da diferenciação da bacia intracratónica) e o Cretácico, com uma espessura máxima de cerca de 5 km (Ribeiro et al., 1979; Wilson et al., 1989; Azerêdo et al., 2002).

As principais unidades litoestratigráficas representadas na Bacia Mesozóica Lusitânica estão sintetizadas na Figura II.9, onde se indicam também os ambientes deposicionais e os eventos tectónicos associados a cada unidade.

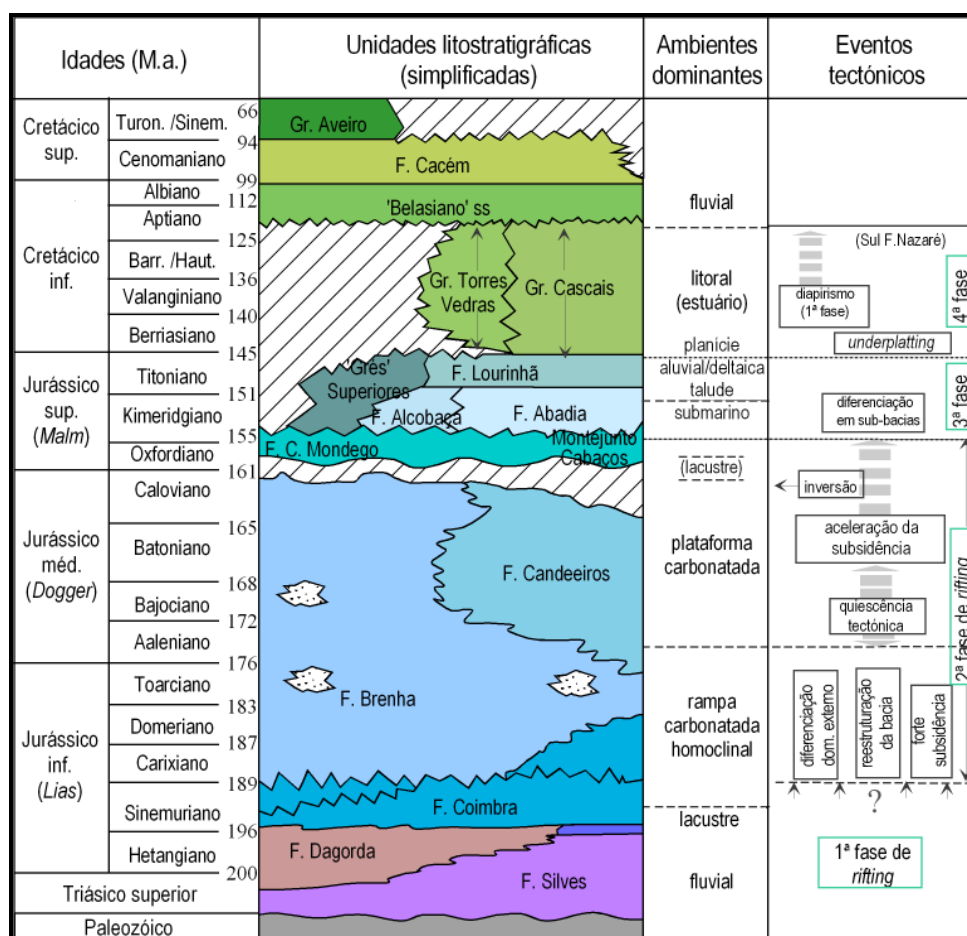


Figura II.9: Quadro simplificado mostrando as relações entre eventos sedimentares e tectónicos no período de sin-rift (modificado de Kullberg et al., 2006).

Durante a primeira fase de *rifting*, a abertura de uma bacia intracratónica levou à entrada de uma grande quantidade de material detrítico terrígeno, constituído essencialmente por sedimentos siliciclásticos vermelhos, fluviais e margino-litorais (conglomerados e arenitos com intercalações argilo-dolomíticas) que constituem a Formação de Silves, também conhecida como Grés de Silves.

No Hetangiano, o mar foi penetrando transgressivamente nestes domínios e desenvolveu-se na zona central da Bacia uma sequência evaporítica salina constituída por uma complexa associação de margas, anidrite, dolomites e calcários argilosos dolomitizados originando a Formação Dagorda (Laima, 1989).

Ao longo do Jurássico inferior, devido a uma acentuada transgressão, a sedimentação passa a marinha mais profunda, originando-se as rochas dolomíticas de pequena profundidade da 'Formação Coimbra' que passam gradualmente à 'Formação da Brenha', constituída essencialmente por argilas, margas e calcários (Azevedo, 2007).

No Jurássico médio inicia-se uma inversão na tendência deposicional, com a retracção da Formação da Brenha para a zona mais ocidental da Bacia, ao mesmo tempo que na zona mais oriental se iniciou a deposição de calcários de pequena profundidade, a Formação de Candeeiros (Azevedo, 2007).

No Caloviano culmina o movimento transgressivo. O período entre o Caloviano superior e o Oxfordiano inferior foi marcado por uma lacuna estratigráfica regional importante. A lacuna sugere uma significativa descida do nível do mar.

A sequência deposicional do Oxfordiano médio começa com a fácies lacustre da Formação de Cabaços, à qual se seguem os calcários marinhos da Formação de Montejunto.

O Kimmeridgiano é caracterizado pela Formação da Abadia e pela Formação Camadas de Alcobaça, que correspondem a sequências carbonatadas, às quais se seguem depósitos, em ambiente deltaico-fluvial, de argilitos intercalados com calcários marinhos que constituem a Formação dos Grés Superiores (Vieira, 1991; Laima, 1989).

O fim do Jurássico superior é marcado por uma discordância materializada por uma extensa truncatura erosional que se relaciona com a separação da Ibéria

dos Grandes Bancos do Canadá (Rigassi, 1988). Acima desta descontinuidade, surgem os sedimentos fluviais da Formação de Torres Vedras, datados do Cretácico, sobre os quais se deposita a Formação de Cacém, que corresponde a uma sequência transgressiva de calcários marinhos de pequena profundidade (Vieira, 1991; Laima, 1989). Esta sequência pós-*rift* marca a abertura definitiva do Oceano Atlântico na margem Ibérica ocidental.

II.2 Geologia da Região de Aveiro

A área em estudo corresponde ao sector Norte da Bacia Mesozóica Lusitânica, que inclui formações geológicas do Mesozóico (Triássico, Jurássico e Cretácico) e do Cenozóico, representado na maior parte das formações aflorantes datadas do Quaternário (Figura II.10; Quadro II.1).

Os xistos argilosos do Complexo Xisto-Grauváquico Ante-Ordovícico, não aflorante no Município de Aveiro, constituem a formação geológica do soco das unidades aflorantes Ceno-Mesozóicas.

Unidades Geológicas (Teixeira e Zbyszewski, 1976)	
Depósitos modernos	
Depósitos de praias antigas e de terraços fluviais	Plio-Pleistocénico
Arenitos e Argilas de Aveiro	Cretácico Superior
Arenitos de Mamodeiro	
Calcários e Argilas de Carrajão Arenitos de Requeixo	
Arenitos de Eirol	Triássico Superior
Complexo Xisto-Grauváquico	Ante-Ordovícico

Quadro II.1: Unidades Geológicas existentes na Carta Geológica de Aveiro (Figura II.10; Teixeira e Zbyszewski, 1976).



Figura II.10: Carta Geológica de Aveiro (16-A), editada pelo Instituto Geográfico e Cadastral em 1975.

II.2.1 Xistos do Complexo Xisto-Grauváquico

O Complexo Xisto-Grauváquico (CXG) é uma formação geológica da Zona Centro-Ibérica do Maciço Ibérico que constitui a ossatura central da Península Ibérica (Gonçalves, 1980; Figura II.11).

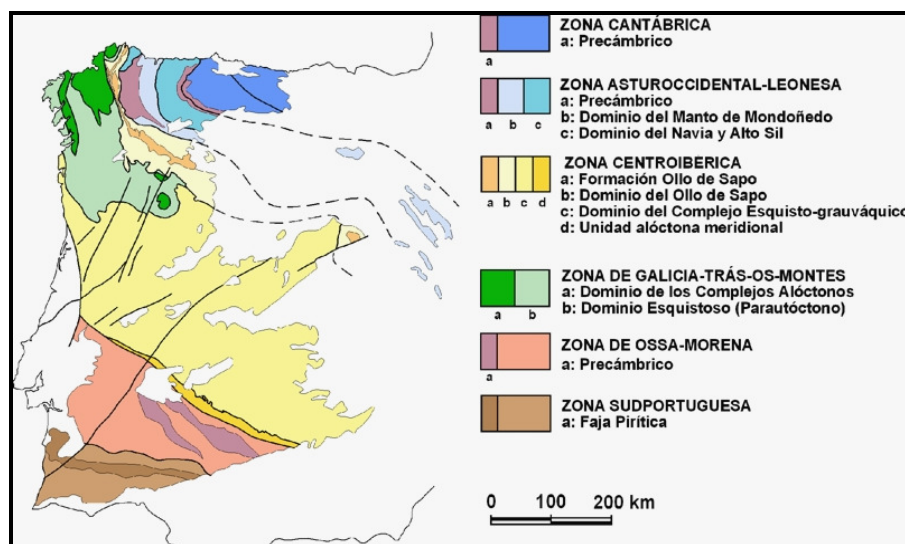


Figura II.11: Divisão do Maciço Ibérico em zonas morfoestruturais (Farias et al. 1987, in Vera, 2004)

O CXG corresponde, em geral, a xistos argilosos e grauvaques, finos, quase sempre muito alterados e orientados na direcção NNW-SSE (Teixeira e Zbyszewski, 1976). No Município de Aveiro, o CXG nunca aflora, encontrando-se coberto por depósitos detríticos do Triássico, Cretácico e Cenozóico. Na gíria, é designado por “bed-rock xistento”, uma vez que é possível encontrar evidências geológicas desta formação em sondagens hidrogeológicas e geotécnicas profundas (Rocha, 1993; Figura II.12). Todas as unidades Ceno-Mezozóicas identificadas assentam em discordância angular sobre esta unidade geológica (Gomes, 1992)

O metamorfismo que terá estado na origem desta formação metasedimentar terá resultado da Orogenia Varisca, no final do Paleozóico, que resultou da colisão entre dois grandes continentes Gondwana e Laurussia e das microplacas continentais – Armórica e Avalónia (Ribeiro et al., 1979; Vera et al., 2004).

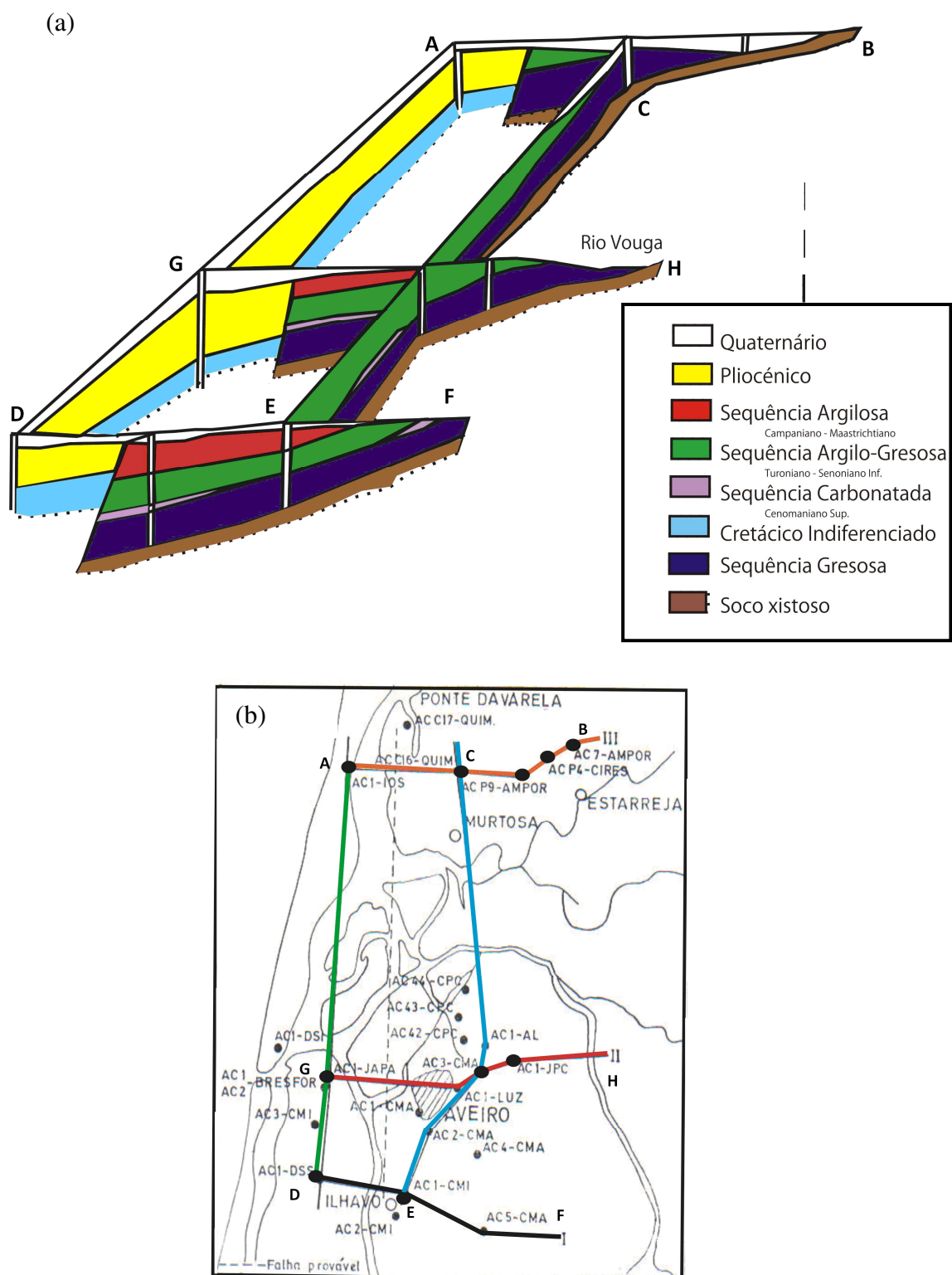


Figura II.12: Geologia da região de Aveiro. (a) Cortes geológicos interpretativos definidos a partir de sondagens (adaptado de Lauverjat et al., 1983). Os números indicam as referências das sondagens na figura (b); (b) Planta de Localização dos perfis representados em (a) (Lauverjat et al., 1983).

II.2.2 Formações Mesozóicas na área em estudo

Na região de Aveiro, o Mesozóico aflora sobretudo na zona Sudeste do Município de Aveiro, manifestando-se através de formações rochosas do Cretácico (Arenitos e Argilas de Aveiro, Arenitos do Mamodeiro, Calcários e argilas cinzentas do Carrajão e Arenitos de Requeixo) e alguns afloramentos do Triássico superior (Arenitos de Eirol), que assentam sobre o soco metasedimentar do Complexo Xisto-Grauváquico (Quadro II.1).

As unidades Mesozóicas mais antigas existentes no Município de Aveiro são os **Arenitos de Eirol** do Triássico. Representam-se na zona de estudo por uma pequena faixa com direcção NW-SE entre Horta e Requeixo (Figura II.10), sobressaindo devido à natureza dos sedimentos e à tonalidade vermelha que apresentam (Figura II.13). Têm normalmente espessuras superiores a 1 m e inclinam, em geral, 10 a 15° para SW (Gomes, 1992).



Figura II.13: Foto de Campo da formação Arenitos de Eirol.

O período entre o Jurássico inferior e o Cretácico Médio não está representado no Município de Aveiro. A transgressão do Jurássico inferior levou ao avanço do mar para o interior do país, cobrindo áreas extensas, em que dominara anteriormente o regime continental e lagunar e formando um grande golfo, alongado para Norte até ao Vouga. Os soerguimentos do fim do Cretácico Médio

resultaram na emersão de grande parte do território português, aos quais se terão associado processos erosivos (Gonçalves, 1980) que podem justificar a ausência do Jurássico (Zbyszewski, 1976; Gonçalves, 1980).

Relativamente ao Cretácico, apesar de todo ele estar representado na Orla Lusitânica, no Município de Aveiro só surge o Cretácico superior (Figura II.10).

Os afloramentos do Cretácico dispõem-se geograficamente isolados uns dos outros, nas margens do Rio Vouga como retalhos, por consequência da acção erosiva da rede de drenagem que, recortando os depósitos de praias antigas em vales, chega a pôr a descoberto o substrato Cretácico na parte Sudeste e central da região. As várias unidades Cretácicas representadas, apesar das diferenças litológicas, apresentam-se estruturalmente semelhantes porque inclinam todas, de uma forma geral, para W (Teixeira e Zbyszewski, 1976).

Os **Arenitos de Requeixo**, do Cenomaniano, Albiano e Apciano, correspondem a uma formação de fácies continental constituída por arenitos caulíníticos, brancos ou róseos, finos a grosseiros e assentam em discordância sobre as camadas do Triássico, na região de Eirol-Requeixo, e sobre os xistos ante-Ordovícicos na região entre Angeja e Salreu. Afloram nas zonas de Fermentelos, Taboeira, Azurva e Salreu, com vários desenvolvimentos na região de Requeixo (Figura II.10).

Datados possivelmente do Turoniano (final do Cretácico Médio), surgem os **Calcários e Argilas cinzentas do Carrajão**, correspondendo à unidade menos aflorante de todas as referidas na região em estudo. Na zona do Carrajão surge sob a forma de uma delgada camada de calcário, no fundo de um pequeno vale, muito rico em fósseis, ao qual se sobrepõe uma camada de argila negra. A mesma sequência (calcários e argilas cinzentas) surge perto de Requeixo e no afloramento entre Taboeira e Azurva. É considerada a “chave” estratigráfica do Cretácico nesta região, uma vez que as suas características litológicas e paleontológicas se destacam da restante coluna lítica, correspondendo à expressão geológica da transgressão do Cenomaniano (Marques da Silva, 1992).

Os **Arenitos do Mamodeiro** (do Emscheriano) são a unidade Cretácica com maior área aflorante no Município de Aveiro; estão muito representados na região do Mamodeiro e afloram noutros locais como Póvoa do Valado, Moita,

Costa do Valado e Taboeira, constituindo uma espessa série de arenitos claros, com intercalações de argilas e alguns leitos conglomeráticos.

Os **Arenitos e Argilas de Aveiro** constituem a designada Série fluvio-marinha de *Choffat* e ocupam a faixa entre Esgueira, Costa do Valado, Vale de Ílhavo. Apesar de em grande parte cobertos por depósitos modernos, existem evidências desta unidade nos vales fluviais que nascem em Oliveirinha, Quinta do Picado e Vale de Ílhavo, que desaguam na zona das marinhas de sal. É uma formação muito importante na região de Aveiro, porque para além de cobrir os dois terços ocidentais do aquífero Cretácico de Aveiro (Melo, 2002) é assumida como horizonte de fundação para muitas construções na região de Aveiro (Benta, 2007).

Corresponde a uma unidade datada do Maastrichtiano e constituída essencialmente por arenitos margosos e argilas, dispostos em série alternante e cuja inclinação das camadas é em geral 10° para W.

II.2.3 Terrenos de Cobertura Cenozóicos

Os terrenos Cenozóicos correspondem a sedimentos sub-horizontais, de fácies quase sempre continental ou lacustre, que foram acumulados em depressões com dimensões e distribuição variáveis e formam a cobertura das formações mesozóicas (Figura II.10).

O Paleogénico e parte do Neogénico não estão representados na região em estudo o que poderá ser explicado por uma regressão pós-Cretácica. Os primeiros depósitos do Cenozóico estão datados do Quaternário superior. Segundo a carta geológica de Aveiro (Figura II.10; Teixeira e Zbyszewski, 1976) são duas as formações Cenozóicas representadas nesta área: depósitos de praia e terraços fluviais do Plio-Pleistocénico e os depósitos modernos (Figura II.10).

As **areias de praia do Plio-Pleistocénico** são depósitos formados essencialmente por leitos de areias e cascalheiras de calhaus rolados, às vezes muito espessos. As areias são quase sempre claras e apresentam uma granulometria que varia de fina a grosseira. Quanto aos depósitos de terraços fluviais, foram definidos por Teixeira e Zbyszewski (1976) como muito

semelhantes aos depósitos de praias. Surgem nas zonas de Requeixo, Eirol e Eixo, não sendo possível precisar os afloramentos uma vez que não foi definida nenhuma simbologia especial para a representação desta formação na carta Geológica.

Os **Depósitos Modernos** surgem no Município de Aveiro nas zonas aplanadas e baixas (zona mais ocidental do Município; Figura II.10). Correspondem a aluviões actuais, areias de praia e areias de duna, onde se instalam as marinhas de sal.

II.3 Geomorfologia do Município de Aveiro

Aveiro é um Município territorialmente descontínuo, uma vez que compreende algumas ilhas na Ria de Aveiro e uma porção da península costeira com quase 25 km de extensão que fecha a Ria a Ocidente (S. Jacinto; Figura II.14).

Os pontos de cota mais elevada encontram-se no canto SE do Município de Aveiro, correspondendo à freguesia de Eixo, na gíria designada por “montanha de Eixo”.



Figura II.14: Mapa onde se evidencia são Jacinto, formando uma espécie de península costeira que fecha a Ria a Ocidente.

A zona litoral apresenta um relevo muito baixo, onde as cotas raramente excedem os 10-15 metros, e caracteriza-se pela acumulação das areias de duna, que ocupam extensões consideráveis: dunas de Vagos, dunas da Gafanha, Duna da Costa Nova, etc. (Teixeira & Zbyszewski, 1976). As regiões mais baixas são também dominadas pelas salinas e pelos montículos brancos do sal, que têm cada vez mais vindo a desaparecer.

O troço terminal do Rio Vouga, o principal rio do Município, define-se numa depressão de ângulo de falha, formada no Cretácico superior, mostrando que este troço está controlado tectonicamente (Marques da Silva, 1990). É possível observar na zona de Vilarinho uma margem NW baixa e aplanada e uma margem SE escarpada (Figura II.15). Relativamente às linhas de água, o controlo tectónico e adaptação à rede de fracturas também é evidente no seu traçado, uma vez que os cursos dos rios adoptam muitas vezes traçados rectilíneos com inflexões nos pontos de cruzamento das fracturas.



Figura II.15: Zona de Vilarinho onde se observa a margem NW baixa e aplanada e uma margem SE escarpada, mostrando o controlo tectónico do troço final do Rio Vouga. Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.

Em Aveiro sobressaem os inúmeros braços da Ria, característicos de Aveiro, dispostos em intrincada rede, que chegam a invadir a cidade de Aveiro, nos canais “citadinos”, como o Canal dos Botirões (Figura II.16). A Ria constitui um dos mais notáveis acidentes geográficos da costa do continente português e é

uma das mais extensas zonas húmidas costeiras. Para além do inquestionável interesse para a conservação da natureza, pela diversidade de ecossistemas e riqueza de espécies de fauna e flora, corresponde a exemplo de um sistema lagunar complexo, com uma rede principal de canais (canal principal de Navegação, o canal de Mira, o canal de Ílhavo, o canal de Ovar e a Cale de Espinho) e zonas de esteiros.



Figura II.16: Um dos “braços citadinos” da Ria de Aveiro – Canal dos Botirões.

Sendo uma estrutura geológica relativamente recente, a Ria de Aveiro apresenta uma área molhada de 47 km² (entre o seu extremo norte e o extremo sul), atingindo uma largura máxima de sete quilómetros, apesar do progressivo assoreamento (Sarmiento e Cardoso, 2006). Resultou da deposição de sedimentos num pronunciado golfo que se desenvolvia entre Espinho e o Cabo Mondego, durante o século X (Figura II.17) e que correspondia à zona de confluência directa dos rios Vouga, Águeda e Cértima, ainda existentes actualmente. Os primeiros sintomas do processo de sedimentação que daria origem à laguna podem assinalar-se ainda pelo século X, com a acumulação de areias litorais na região de Esmoriz (Abecasis, 1961), a que se seguiu a formação de uma flecha arenosa que, avançando para sul (Figura II.17), se foi interpondo entre a vasta baía e o mar. O deslocamento deu-se progressivamente para a área da Vagueira e seguiu para a de Mira, sendo evidente um assoreamento completo no século XVIII. A comunicação entre a zona lagunar e o mar tornou-se então completamente accidental e aleatória.

Só no início do séc. XIX, a 3 de Abril de 1808, sob coordenação dos engenheiros Reinaldo Guinou e Luís Gomes de Carvalho, se conseguiu, finalmente, a abertura da Barra artificial junto da cidade de Aveiro (abrindo o cordão dunar na sua zona média), o que permitiu o escoamento das águas há tanto tempo paradas e o ansiado encontro do mar com a Ria (Figura II.17).

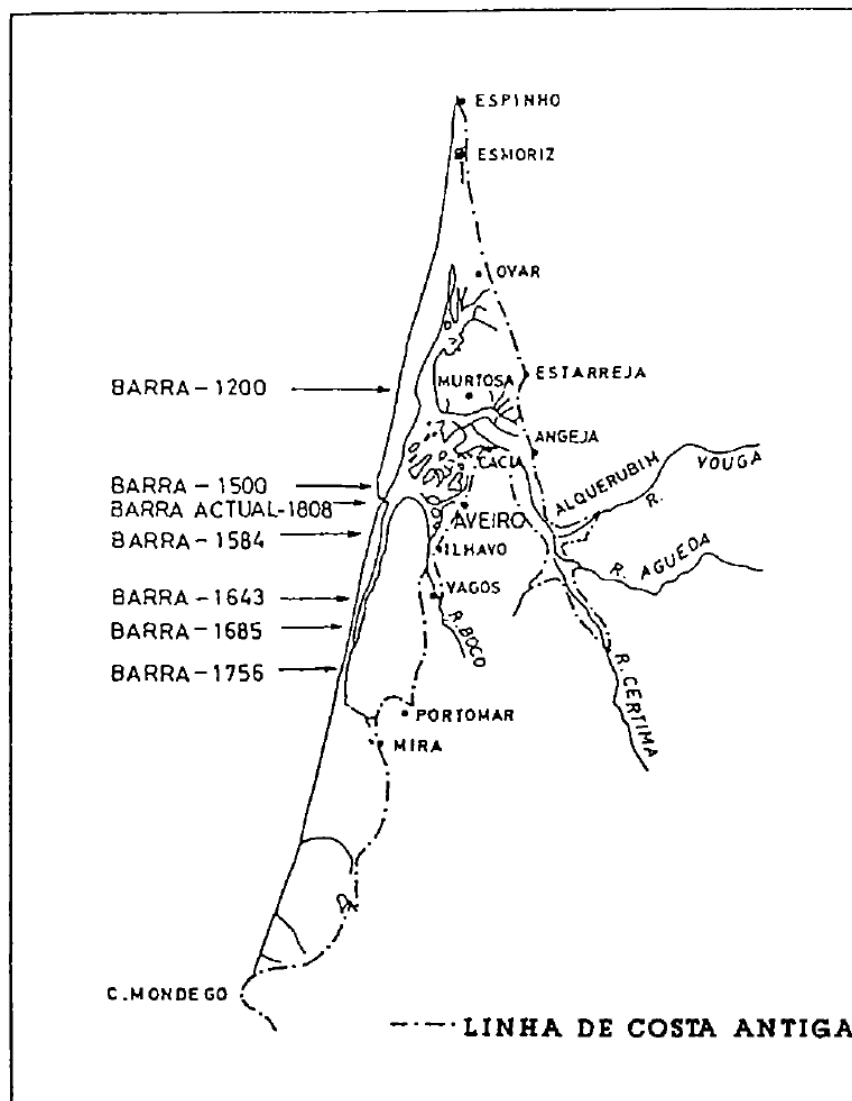


Figura II.17: Evolução da Barra e posição da antiga linha de costa (adaptado de Abecasis, s/data).

Capítulo III. O Município e a Ria de Aveiro

Neste capítulo apresenta-se uma breve síntese sobre o Município de Aveiro, do ponto de vista administrativo, económico e demográfico. Considerando o tema da gestão do risco, será dada particular ênfase às acessibilidades locais e as entidades municipais que são responsáveis pelo apoio à população em caso de catástrofe.

III.1 Município e Freguesias de Aveiro

O Município de Aveiro situa-se na zona centro do país, junto à costa atlântica (Figura III.1). Pertence à antiga província (região natural) da Beira Litoral, sendo um dos 19 municípios do Distrito de Aveiro, do qual é capital.

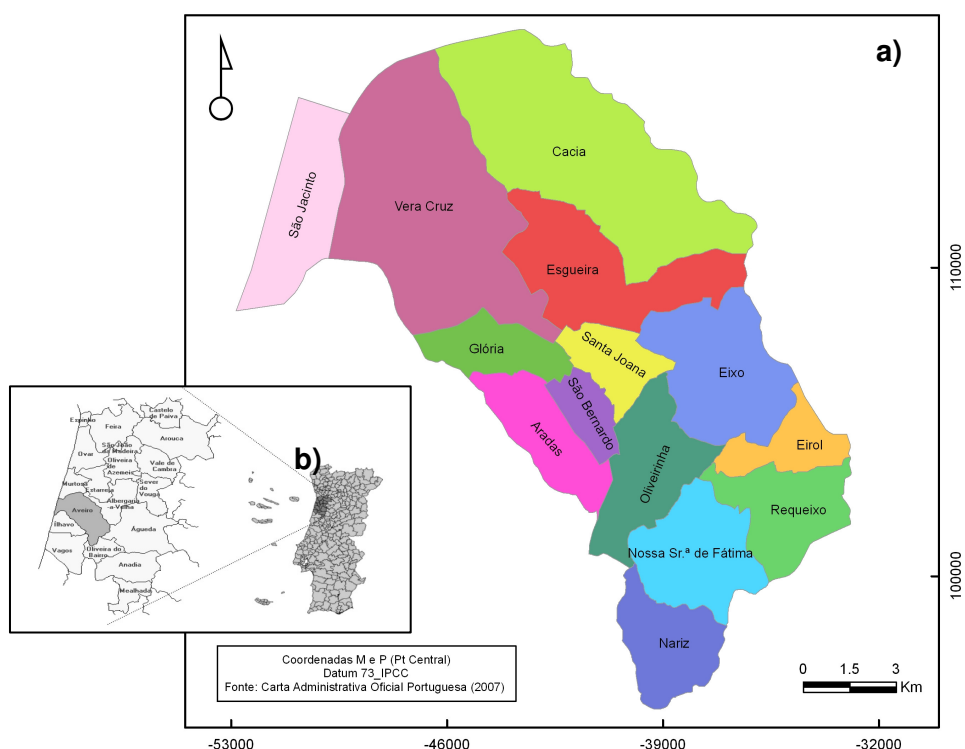


Figura III.1: O Município de Aveiro. a) Mapa representativo da divisão administrativa do Município de Aveiro, b) Localização do Município no Distrito de Aveiro e em Portugal Continental (PSEA, 2004).

A divisão administrativa do Município de Aveiro inclui 14 freguesias: Aradas, Cacia, Eirol, Eixo, Esgueira, Glória, Nariz, Nossa Senhora de Fátima, Oliveirinha, Requeixo, São Bernardo, São Jacinto, Santa Joana e Vera Cruz (Figura III.1).

As freguesias que definem o Município apresentam índices de desenvolvimento urbano/rural distintos. Neste âmbito, os estudos estatísticos do Instituto Nacional de Estatística (INE) propõem diferentes classificações para as freguesias de Aveiro relativamente à tipologia das áreas urbanas e/ou segundo índices de urbanidade/ruralidade. Estes dados estão disponíveis na publicação Horizontes Sociais (OPDS, 2001), que disponibiliza anualmente informações a respeito da análise da população, habitação, educação, saúde e emprego, no Município de Aveiro. A classificação que se mostra mais interessante corresponde à “Classificação das Freguesias segundo a Tipologia das Áreas Urbanas” e está representada graficamente na Figura III.2.

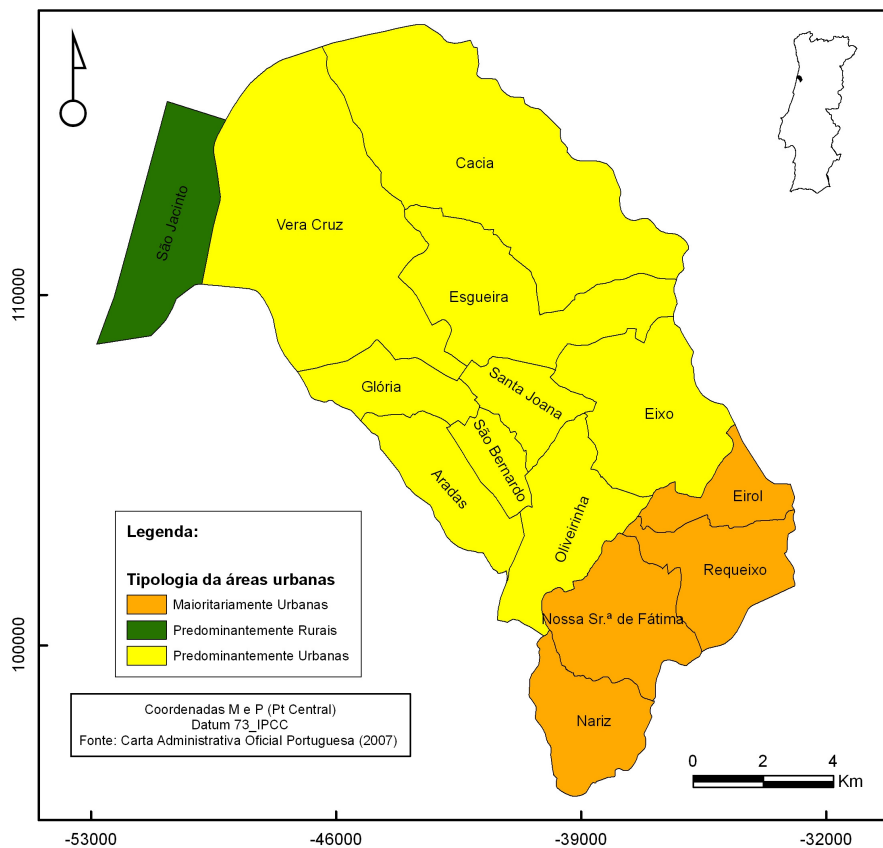


Figura III.2: Tipologia das áreas urbanas do Município de Aveiro em 1999 (adaptado de OPDS, 2001).

A “Classificação das Freguesias segundo a Tipologia das Áreas Urbanas”, combina vários critérios, como a densidade, funcionalidade/planeamento, contiguidade a freguesias urbanas e natureza da sede do Município, permitindo reconhecer a importância económica de cada freguesia, ou seja, do sector da economia predominante em cada uma delas.

De acordo com os dados apresentados (Figura III.2), todas as freguesias do Município são classificadas como “áreas predominantemente urbanas”, à excepção de Eirol, Nariz, Requeixo e N. Sr^a. de Fátima, que são classificadas como “áreas maioritariamente urbanas”, e de São Jacinto, que é classificada como “área predominantemente rural” (Quadro III.1). Cerca de 91% da população do Município é urbana (OPDS, 2001).

Aradas	Cacia	Eirol	Eixo	Esgueira	Glória	Nariz	Oliveirinha	Requeixo	São Bernardo	São Jacinto	Santa Joana	Vera Cruz	Nossa Senhora de Fátima
Quanto à Tipologia das Áreas Urbanas													

Áreas Predominantemente Urbanas
 Áreas Maioritariamente Urbanas
 Áreas Predominantemente Rurais

Quadro III. 1: Classificação das freguesias do Município de Aveiro quanto à tipologia das áreas urbanas.

III.2 Sócio–economia associada à Ria

Desde há séculos que existe actividade humana associada à Ria de Aveiro. O cidadão aveirense habituou-se à alcunha de “Filho da água e da terra”, aprendendo a retirar, de uma e outra, quase tudo o que necessitava, não só para a sua sobrevivência como para a prosperidade da região (PSEA, 2004).

Dividido entre os trabalhos na laguna e a vida agrícola nos campos, o povo acabou por recorrer à Ria para ir buscar o seu próprio alimento. Graças ao moliço (algas aquáticas muito abundante na Ria e excelente adubo), com trabalho e persistência, a população conseguiu transformar longos e áridos areais em terras de cultivo. Pescadores, barqueiros, moliceiros, “marnotos” (designação local para os que se ocupam da extracção do sal), varinas, peixeiras, lavradores, oleiros são a essência de Aveiro (www.confragi.pt, 2005; PSEA, 2004; Amaral, 1968).

Actualmente, ocupações tradicionais em declíneo, como a apanha de moliço e a salicultura, convivem com a pesca, a apanha de crustáceos e bivalves, a agricultura, e outras em crescimento, como a aquacultura, o turismo, a indústria e a actividade portuária (www.minhaterra.com.pt). O panorama sócio-económico tem mudado bastante pelas pressões da industrialização do mundo actual, e certamente continuará a mudar, mas a ligação com o mar, também, certamente, nunca vai desaparecer.

Historicamente é possível concluir que a sócio-economia associada à Ria de Aveiro é um reflexo da mutação do sistema lagunar presente e que sofreu bastantes modificações morfoestruturais ao longo do tempo (capítulo II).

Neste sentido, períodos em que a barra de Aveiro teve uma franca abertura correspondem a períodos de prosperidade de toda a região, enquanto que, quando a barra fechava, a fome e a doença, como o paludismo e a peste (Sarmiento & Cardoso, 2006), dizimavam as gentes de Aveiro. Para além de dar o fruto e o trabalho ao aveirense, a Ria era, então, a porta para a prosperidade/declínio da região.

No século X, entre Espinho e o Cabo Mondego, existia apenas uma enorme baía. A Murtosa e Ovar assumiam grande importância como centros comerciais e mercantis, até ao momento em que se iniciou o desenvolvimento do cordão dunar, que veio dificultar o acesso a estes povoados. É neste momento, que, aproveitando a abertura ao mar, se dá a “transferência” do centro mercantil e marítimo para Aveiro (Amaral, 1968).

A cidade de Aveiro atingiu no séc. XVI grande prosperidade e a sua população contava com cerca de 14 mil habitantes, valor nunca antes registado (www.prof2000.pt). Esta época de apogeu da cidade reflectiu a localização da

barra em frente à cidade, mas o seu declínio progressivo gerou-se à medida que essa barra foi migrando para Sul, tornando mais longo e difícil o percurso lagunar desde a cidade até ao mar (Dias, Ferreira & Pereira, 1994).

Durante o séc XVIII viveu-se uma das piores épocas para a região. O fecho do cordão dunar e o profundo assoreamento da barra de maré, que permitia apenas ligações pontuais entre o mar e a Ria, levou a que a água da laguna adquirisse características salobras e deixava a parte baixa de Aveiro emersa durante vários meses. A este panorama veio juntar-se o facto de por toda a Europa se viver uma “pequena idade do gelo” que esteve na origem de uma intensa seca e esterilidade de campos (Sarmento & Cardoso, 2006). O progressivo fecho do cordão e o clima de “doença” que se viveu até aos primeiros anos do séc. XIX, acabou por culminar numa grande redução na população, por morte ou por deslocação para o interior, como se refere em Sarmento e Cardoso (2006) e como se comprova pela variação demográfica entre 1732 e 1756 (Carvalho, 1999). A agricultura estava em ruína, o comércio em declínio e o clima agravava o seu estado de insalubridade (Amaral, 1968).

Outras das razões que poderá ter estado na origem do agravamento da situação já vivida no século XVIII foi o sismo de 1755, que trazendo a destruição às freguesias mais ocidentais de Aveiro, deverá também ele ter contribuído para o agravamento do assoreamento da ria, que fechou totalmente em 1757 (Sarmento & Cardoso, 2006; www.prof2000.pt).

Contudo, a situação acabou por ser superada, depois da abertura da Barra, a 3 de Abril de 1808 (Amaral, 1968).



Figura III.3: Aspecto de Aveiro, mostrando o Canal das Pirâmides e as marinhas de sal em 1950 (www.prof2000.pt).

Aveiro recuperou a sua actividade económica, reactivando a prosperidade, das suas diversas actividades, como é o caso da salicultura (Figura III.3 e III.4)



Figura III.4: Imagens do início séc XX mostrando a prosperidade da cidade, com a barra novamente aberta. A Feira das Cebolas nos Arcos (à esquerda) e o Rossio e Canal Central (à direita) (www.prof2000.pt).

Desde o século XIX, Aveiro vem lutando para se afirmar/manter como uma região (www.minhaterre.com.pt). O turismo é um dos pontos-chave, uma vez que a região oferece, para além da praia, excelentes condições para prática de desportos náuticos como a vela, a canoagem, o remo, o windsurf e o surf (pretende-se instalar nesta região um futuro centro de alto rendimento desta modalidade) (Figura III.5). O Porto de Aveiro, futuramente integrado na cadeia multimodal de transportes, no âmbito da rede Transeuropeia, através da construção do respectivo ramal ferroviário de ligação à Linha do Norte (Rede Nacional), é cada vez mais uma aposta para uma ligação à Europa. Por outro lado, as acessibilidades e a beleza da região colocam a cidade num dos locais de passagem/paragem obrigatória.

A actividade piscatória, essencialmente na zona lagunar, as pisciculturas, em antigas salinas, a agricultura, nas freguesias mais rurais, e a extracção do sal têm promovido o crescimento económico da região (Figura III.5).

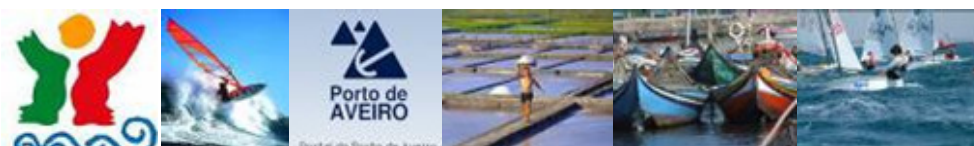


Figura III.5: Imagens representativas de algumas das actividades promotoras do desenvolvimento da cidade de Aveiro. Da esquerda para a direita, o windsurf, o turismo, as infraestruturas do Porto de Aveiro, a extracção de sal, a actividade piscatória e a vela.

III.3 Indicadores Demográficos

O Município é um território de pequena dimensão mas de relativa elevada densidade demográfica (366,9 hab./km²; AERC, 2003).

Segundo os Anuários Estatísticos da Região Norte (AERN) e Centro (AERC), o Município de Aveiro é o quinto maior, do Distrito, em termos de superfície (cerca de 200 km²) e o segundo mais populoso, com 73.335 habitantes em 2001 (AERC, 2003; AERN, 2003; Quadro III.2).

As análises estatísticas elaboradas pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) têm por base uma subdivisão do território continental, que não coincide com a divisão em distritos. Assim, a maior parte dos municípios do Distrito de Aveiro (Águeda, Albergaria-a-Velha, Anadia, Aveiro, Estarreja, Ílhavo, Mealhada, Murtosa, Oliveira do Bairro, Ovar, Sever do Vouga e Vagos) constituem o Agrupamento do Baixo Vouga, enquanto que os restantes municípios pertencem aos agrupamentos “Tâmega”, “Grande Porto” e “Entre Douro e Vouga”.

Local/Ano	1991	2001	Var %
Município	66 444	73 335	10
Baixo Vouga	350 424	385 724	10
Portugal	9 867 147	10 356 117	5

Quadro III.2: População Residente no Município de Aveiro, região do Baixo Vouga (onde se inclui o Município de Aveiro) e em Portugal, nos anos de 1991 e 2001, e respectiva variação (CEMA, 2006).

Segundo os dados disponibilizados na Carta Educativa do Município de Aveiro (CEMA), o Município de Aveiro tem manifestado uma tendência de crescimento significativa, na ordem dos 10%, igualando a perspectiva de crescimento registada para o agrupamento de municípios do Baixo Vouga, o que corresponde ao dobro do valor verificado para Portugal (Quadro III.2).

Em relação às freguesias de Aveiro (Quadro III.3), observamos que a década 91/01 seguiu a mesma tendência de crescimento do Município,

reflectindo-se num aumento populacional dominante em todas as freguesias, com excepção da freguesia de Aradas, que apresenta um decréscimo de população (variação negativa). Contudo, o valor negativo registado nesta freguesia pode resultar de alterações dos limites das freguesias envolventes no âmbito dos estudos dos censos e por se verificar uma ocupação jovem estudantil intensa, por isso, não residente na mesma área geográfica.

Por forma a tornar mais fácil a interpretação da Quadro III.3, foram definidas, recorrendo à Base de Dados desenvolvida em ArcGis neste trabalho, quatro classes para a estimativa populacional em 2001: a) inferior a 2000 habitantes, b) entre 4000 e 6000 habitantes, c) entre 6000-8000 habitantes e d) acima de 8000 habitantes. As freguesias foram classificadas de acordo com as classes propostas e foi produzido o mapa da Figura III.6.

Freguesias	1991 (Hab.)	2001 (Hab.)	2011 (Hab.)	2021 (Hab.)	91/01 %	01/11 %	11/21 %
Aradas	8602	7628	6654	5680	-11.3	-12.8	-14.6
Cacia	6527	7006	7485	7964	7.3	6.8	6.4
Eirol	635	781	927	1073	23	18.7	15.7
Eixo	3749	5253	6757	8261	40.1	28.6	22.2
Esgueira	10930	12262	13594	14926	12.2	10.9	9.8
Glória	9105	9917	10729	11541	8.9	8.2	7.6
Nariz	1293	1467	1641	1815	13.5	11.9	10.6
Oliveirinha	4268	4780	5292	5804	12	10.7	9.7
Requeixo	1187	1198	1209	1220	0.9	0.9	0.9
São Bernardo	3314	4079	4844	5609	23.1	18.7	15.8
São Jacinto	983	1016	1049	1082	3.4	3.2	3.1
Santa Joana	7059	8652	10245	11838	22.6	18.4	15.5
Vera Cruz	6983	7426	7869	8312	6.3	6.0	5.6
Nossa Senhora de Fátima	1809	1870	1931	1992	3.4	3.3	3.1

Quadro III.3: Estimativa populacional para as freguesias do Município de Aveiro. (CEMA,2006).

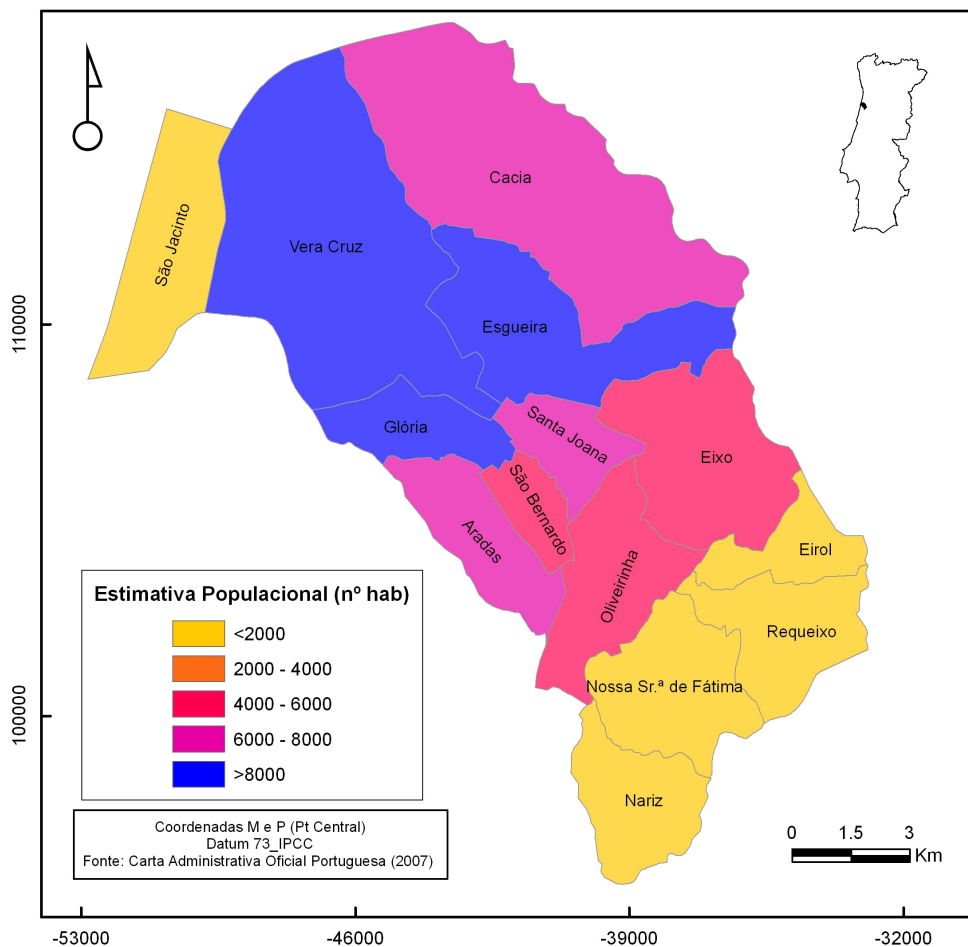


Figura III.6: Mapa representativo dos valores referentes à estimativa populacional em 2001 para as freguesias do Município de Aveiro, realizado com recurso à Base de Dados desenvolvida neste trabalho.

Uma análise do Quadro III.3 e da Figura III.6 permite concluir que existe um conjunto de freguesias a nascente e mais periféricas à cidade, com um quantitativo populacional inferior a 2000 habitantes (São Jacinto, Eirol, Nariz, Requeixo e N^a Sr^a de Fátima). Mais a Poente, as freguesias de Oliveirinha, São Bernardo e Eixo, apresentam um quantitativo populacional compreendido entre os 4000-6000 habitantes. Mais próximo da cidade, Aradas, St^a Joana e Cacia, revelam um quantitativo populacional entre 6000-8000. Finalmente, surgem as freguesias assumidamente mais urbanas (Glória, Vera Cruz e Esgueira), que integram a cidade tradicional, onde se verifica o maior quantitativo populacional do Município, acima de 8000 habitantes.

Para além dos dados reais, o Quadro III.3 revela uma análise prospectiva da população, com base nos dados do INE relativos à evolução populacional que o Município e freguesias verificaram desde 1991. As estimativas populacionais para as duas décadas seguintes nas várias freguesias do Município revelam que Aveiro apresenta uma tendência para manter um crescimento populacional positivo (Quadro III.3). Este facto resulta possivelmente da sua forte atracção, enquanto cidade de referência, com elevados índices de oferta de serviços de qualidade, e da elevada qualidade de vida que a caracteriza.

De seguida, referem-se os dados actuais referentes à densidade demográfica em cada uma das freguesias do Município de Aveiro (Quadro III.4), onde se pode concluir que a freguesia com maior densidade populacional é a Glória, por oposição a São Jacinto, que apresenta o menor valor do conjunto.

Freguesias	Dens. Populacional (hab./km ²)	Esgueira	690.6	São Bernardo	1036.8
Aradas	854.4	Glória	1444.6	São Jacinto	74
Cacia	186.6	Nariz	157.4	Santa Joana	1273.4
Eirol	136.8	Oliveirinha	395.7	Vera Cruz	224.9
Eixo	314.4	Requeixo	115.3	Nossa Sr ^a Fátima	148.4

Quadro III.4: Valores de densidade populacional para as freguesias do Município de Aveiro (Fonte: INE, 2001).

III.4 Acessibilidades da Região

A sua localização no litoral atlântico, sobre os principais eixos de comunicação Norte – Sul, contribui para que o Município beneficie de excelentes e diversificadas formas de acessibilidade, sendo actualmente uma região bem servida por estradas e caminhos-de-ferro (Figura III.7).

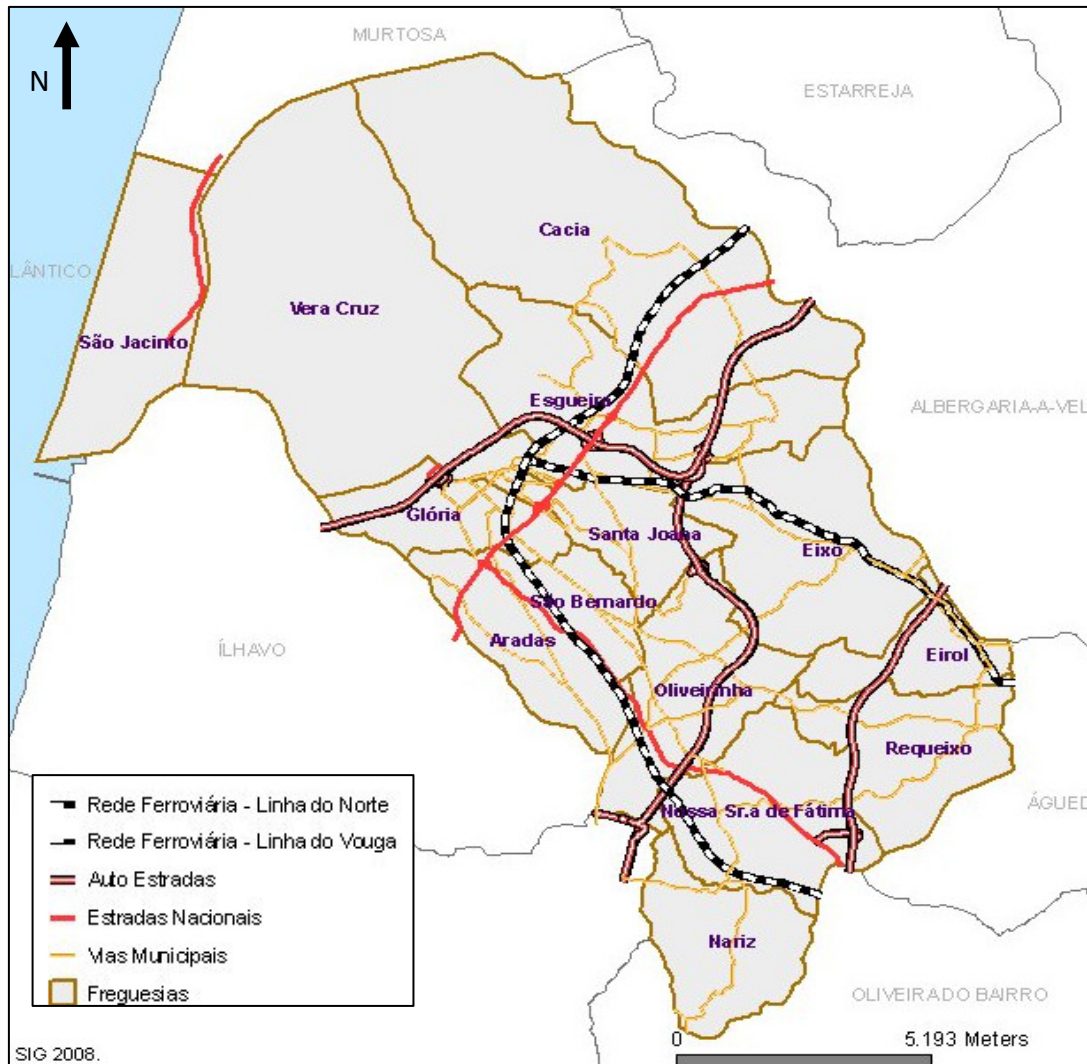


Figura III.7: Mapa representativo da rede de vias rodoviárias e ferroviárias do Município de Aveiro (Aplicação Secur Ria – CMA).

A linha ferroviária que une Lisboa a Braga passa em Aveiro, permitindo o rápido e fácil acesso às principais cidades do país (Figura III.8). Está actualmente em desenvolvimento o projecto para ligação do Porto de Aveiro à rede ferroviária nacional. Com previsão para conclusão da obra em 2009 (www.oaveiro.pt), a concretização desta acessibilidade terrestre é tida como essencial para alargar o *hinterland* do Porto de Aveiro à vizinha Espanha, e para potenciar o desenvolvimento da zona de actividades logísticas prevista para o porto, potenciando assim o desenvolvimento das concessões dos terminais de granéis líquidos e Norte (www.oaveiro.pt).

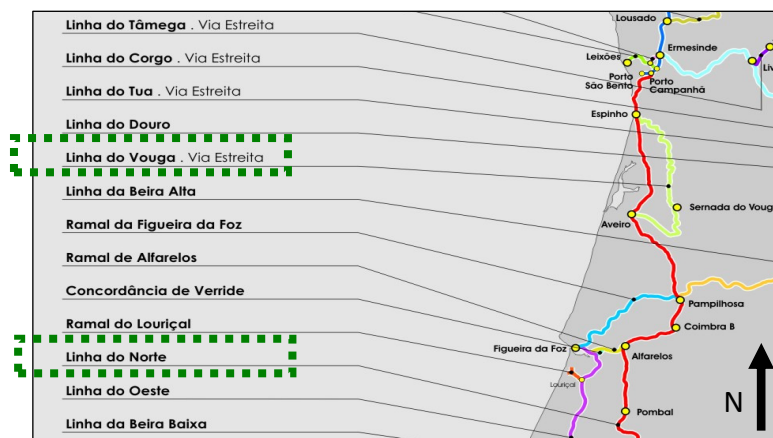


Figura III.8: Mapa identificando as linhas e ramais em exploração da Rede Ferroviária Nacional, onde se salientam (a verde) as linhas do Vouga e do Norte, que servem a região de Aveiro (REFER, 2008).

Quanto a vias rodoviárias, o panorama mantém-se uma vez que o Município é servido por várias estradas da rede rodoviária Nacional (designada Rede de Autoestradas), que inclui a Rede Fundamental (IPs) e a Rede Complementar (ICs), que estão identificadas na Quadro III.5 e na Figura III.9.

Rede Rodoviária Nacional	Percurso e Características
A1	Atravessa os Distritos de Lisboa, Santarém, Leiria, Coimbra, Aveiro e Porto. É a mais longa auto-estrada portuguesa (301km). Integra a Estrada Europeia E1 e a Estrada Europeia E80.
IP5 / A25	Liga as cidades de Aveiro, Viseu, Guarda e Vilar Formoso, passando pelo interior centro de Portugal, e por conseguinte, permitindo uma ligação ao centro de Espanha.
A17	Auto-estrada que liga Aveiro à Marinha Grande.
IC 1	Valença - Guia
IC 2	Lisboa – Porto
IC 35	Penafiel - Sever do Vouga

Quadro III.5: Rede rodoviária Nacional no Município de Aveiro (GPA,2002; pt.wikipedia.org).



Figura III.9: Mapa de estradas com indicação da rede rodoviária fundamental (IPs) e complementar (ICs) que servem a região de Aveiro (www.estradasdeportugal.pt).

III.5 Autoridades Municipais Responsáveis pela Gestão do Risco e suas Responsabilidades.

Relativamente ao Município de Aveiro, os serviços designados de emergência são: a Associação Humanitária dos Bombeiros Voluntários de Aveiro (Aveiro Novos e Aveiro Velhos), a Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC), a Guarda Nacional Republicana, o INEM, a Polícia de Segurança Pública e a Polícia Judiciária.

A responsabilidade pela gestão dos Riscos Naturais e Tecnológicos é assumida, sobretudo, pela Autoridade Nacional de Protecção Civil.

A missão deste serviço contempla planear, coordenar e executar a política de Protecção Civil, designadamente, na prevenção e reacção a acidentes graves e catástrofes, de protecção e socorro às populações e de superintendência da actividade dos bombeiros (ANPC, 2008). Alguns dos objectivos específicos deste serviço são promover o levantamento, previsão e avaliação dos riscos colectivos de origem natural e tecnológica e o estudo, a normalização e aplicação de técnicas adequadas de prevenção e socorro, assim como a organização de um sistema de alerta e aviso (ANPC, 2008).

A nível distrital, são responsáveis pela gestão do risco os Centros de Coordenação Operacional Distrital (CCOD), que asseguram que todas as entidades e instituições de âmbito distrital imprescindíveis às operações de protecção e socorro, emergência e assistência previsíveis ou decorrentes de acidente grave ou catástrofe se articulam entre si, garantindo os meios considerados adequados à gestão da ocorrência em cada caso concreto.

Os CCOD são coordenados pelos comandantes operacionais distritais da Autoridade Nacional de Protecção Civil, e possuem representantes da Autoridade Nacional de Protecção Civil, Guarda Nacional Republicana, Polícia de Segurança Pública, Instituto Nacional de Emergência Médica e Direcção-Geral dos Recursos Florestais, para além das demais entidades que cada ocorrência em concreto venha a justificar.

As CCOD são órgãos institucionais integrados no Sistema Integrado de Operações de Protecção e Socorro (SIOPS), cujo objectivo é responder a situações de iminência ou de ocorrência de acidente grave ou catástrofe.

Capítulo IV. Desenvolvimento de uma Base de Dados de Informação Geológica e Ambiental em *ArcGis* para apoio ao Município

No presente capítulo, descreve-se a metodologia e a estratégia aplicadas no desenvolvimento da Base de Dados Geoambiental em Sistema de Informação Geográfica (SIG) realizada neste trabalho que será disponibilizada à Câmara Municipal de Aveiro. A introdução de diversas informações de carácter geológico e ambiental teve como objectivo o desenvolvimento de uma ferramenta para apoio à gestão do Risco no Município de Aveiro.

Para além de um modelo esquemático da estruturação da base de dados, descrevem-se, neste capítulo, todos os dados introduzidos de input e respectiva descrição, os parâmetros utilizados e o resultado final referente a cada nível de informação geoambiental produzido.

IV.1 Informação SIG cedida pela Câmara de Aveiro

Para a elaboração da Base de Dados Geoambiental, foi possível contar com a colaboração da Câmara Municipal de Aveiro (CMA), que gentilmente cedeu para este trabalho informação cartográfica SIG, ortofotos e a carta de Risco de Cheia para a área que diz respeito ao Município de Aveiro.

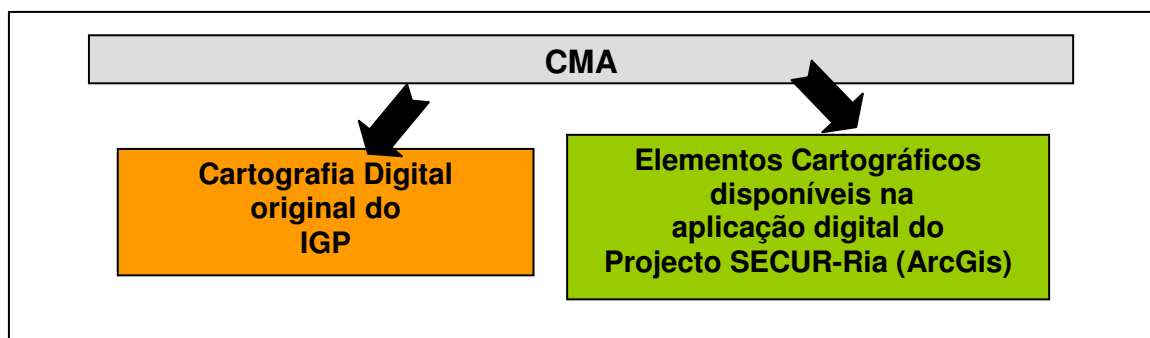
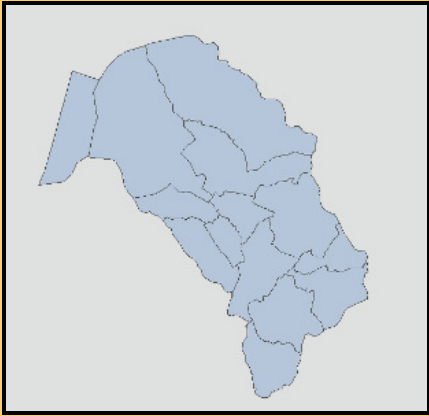
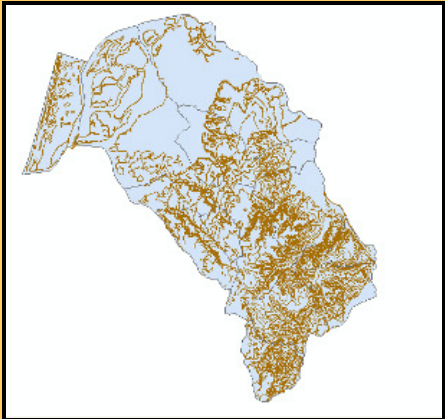


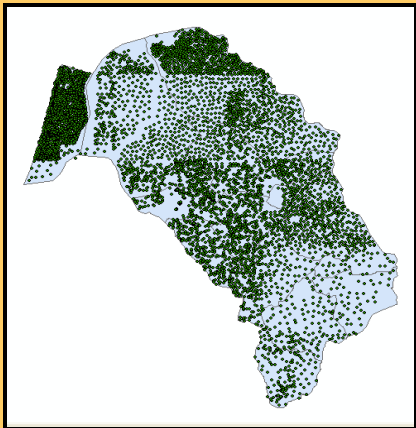
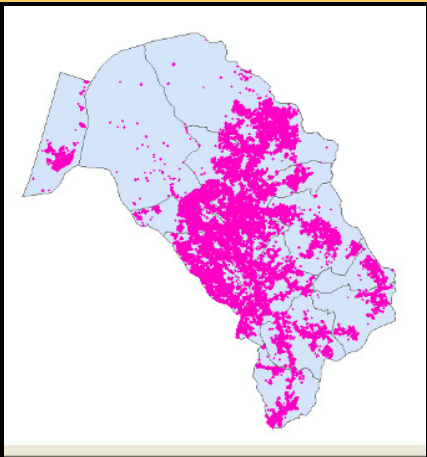
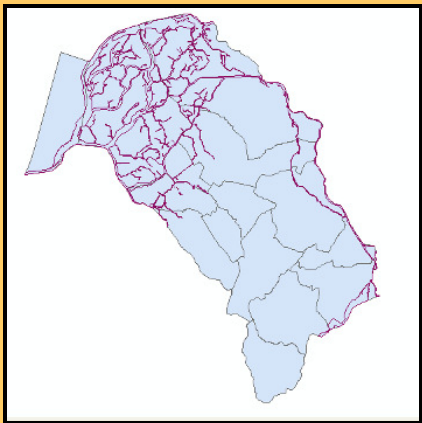
Figura IV.1: Informação disponibilizada pela Câmara Municipal de Aveiro.

A informação SIG cedida pela CMA foi organizada em duas pastas: uma contendo a cartografia digital original produzida pelo Instituto Geográfico Português (IGP) e a outra contendo todos os elementos cartográficos que a CMA disponibiliza na sua plataforma digital, elaborada no âmbito do projecto SECUR-Ria da CMA, acessível em <http://sig.cm-aveiro.pt/SMIGA/securria/viewer.htm> (Figura IV.1).

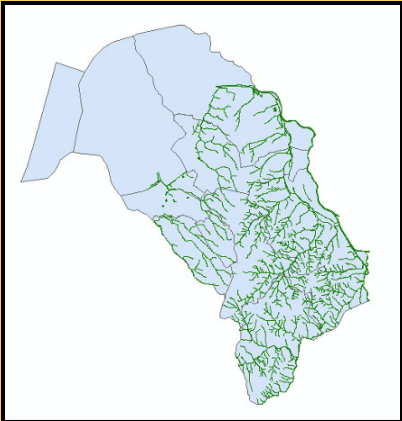
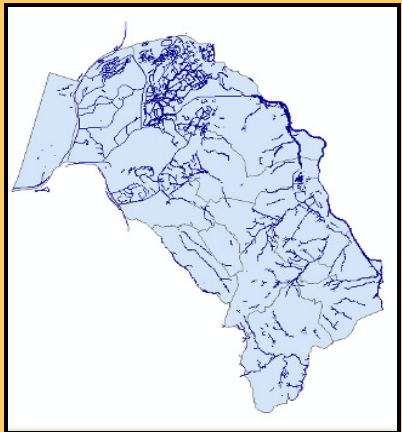
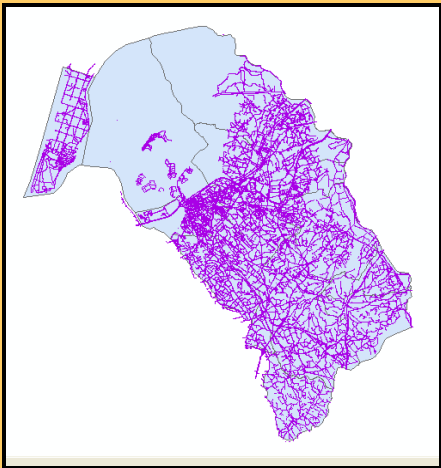
Os elementos SIG incluídos na Base de Dados desenvolvida estão indicados no Quadro IV.1, sendo a maior parte destes os dados originais do IGP. Foi também incluída na base de dados a desenvolver a carta de Risco de Cheia (zonas inundáveis) desenvolvida pela CMA, onde é definido um polígono de cheia.

Pasta	Ficheiro (nome original)	Descrição	Conteúdo incluído
Câmara _IGP_Ortofotos e cartografia Original	Limite_freguesia 	Shapefile - polígonos	Definição vectorial dos limites administrativos das freguesias de Aveiro.
	Alt_CNivel_10K 	Shapefile – linhas	Curvas de nível – Altimetria, Escala 1:10000.


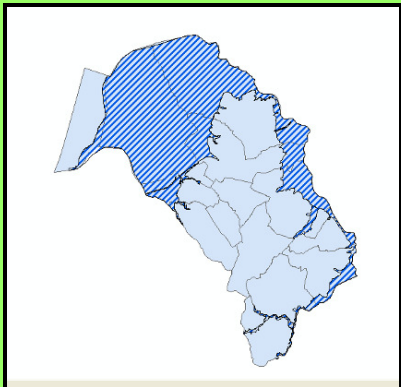
Quadro IV.1: Informação SIG cedida pela Câmara Municipal de Aveiro inserida na Base de Dados: nome do ficheiro, representação gráfica, tipo de ficheiro e conteúdo incluído.

Pasta	Ficheiro (nome original)	Descrição	Conteúdo incluído
Câmara _IGP_Ortofotos e cartografia Original	Alt_PontosCotados_10K 	Shapefile – pontos	Pontos cotados com valor de altimetria, Escala 1:10000.
	Construcoes 	Shapefile – linhas	Construções existentes no Município.
	Hidrgrafia_poligonos 	Shapefile – linhas	Área das linhas de água referentes à rede hidrográfica da parte NW do Município.

Quadro IV.1 (cont.): Informação SIG cedida pela Câmara Municipal de Aveiro inserida na Base de Dados: nome do ficheiro, representação gráfica, tipo de ficheiro e conteúdo incluído.

Pasta	Ficheiro (nome original)	Descrição	Conteúdo incluído
Câmara _IGP_Ortofotos e cartografia Original	Hidrologia_25K 	Shapefile – linhas	Rede hidrográfica, Escala 1:25000; Contém a informação da rede hidrográfica na zona SE do Município.
	Hidrologia_10K 	Shapefile – linhas	Rede hidrográfica, Escala 1:10000; Contém a informação da rede hidrográfica para o Município.
	Vias 	Shapefile – linhas	Linhas rodo- -ferroviárias de Aveiro.

Quadro IV.1 (cont.): Informação SIG cedida pela Câmara Municipal de Aveiro inserida na Base de Dados: nome do ficheiro, representação gráfica, tipo de ficheiro e conteúdo incluído.

Pasta	Ficheiro (nome original)	Descrição	Conteúdo incluído
Câmara _IGP_Ortofotos e cartografia Original	Ortofotos 	Imagens tif	Cobertura aérea fotográfica do Município de Aveiro; Edição dos ortofotos em 2006; voo de 2005.
Base digital da CMA; Desenvolvida no âmbito do Projecto SECUR-Ria	PoligonoCheiasAv 	Shapefile - polígonos	Delimitação das zonas inundadas nas cheias de 2001 em Aveiro.

Quadro IV.1 (cont.): Informação SIG cedida pela Câmara Municipal de Aveiro inserida na Base de Dados: nome do ficheiro, representação gráfica, tipo de ficheiro e conteúdo incluído.

Relativamente à Rede Hidrográfica, foram cedidos pela CMA 4 ficheiros: “Hidrologia_10K”; “Hidrologia_Eixos_10K”; “Hidrologia_Eixos_25K” e “Hidrografia”. Estes ficheiros abrangem de modo distinto a área do Município de Aveiro, à excepção do “Hidrologia_Eixos_10k”, que inclui a mesma informação que a que se encontra na *shapefile* “Hidrologia_10K”, razão pela qual este nível de informação não foi incluído na Base de Dados. A classificação 10K e 25K diz respeito à escala da informação cartográfica incluída, 10000 e 25000, respectivamente.

Na *Feature Class* “Limite_freguesia” foram adicionados atributos relativos à densidade populacional em 2001 (INE, 2001), ao índice de urbanidade/ruralidade

(OPDS, 2001), à variação da densidade populacional entre 1756 e 2001 (definida no capítulo V), e todas as informações sobre o impacto do sismo de 1755 relativamente às freguesias do Município de Aveiro (Sarmiento & Cardoso, 2006).

No que diz respeito à carta de Risco de Cheia importa explorar algumas das considerações tomadas para a sua elaboração (Coelho *et al.*, 2007).

A carta de Risco de Cheia (zonas inundáveis) (Figura V.6) constitui um dos elementos cartográficos desenvolvidos no âmbito do Projecto SECUR-Ria da CMA (Coelho *et al.*, 2007), cujo objectivo se prende com a elaboração da Carta de Segurança em formato de Base de Dados Georeferenciada. Esta Base de Dados é uma ferramenta eficaz na promoção da segurança e a protecção de pessoas e bens através da identificação de situações de vulnerabilidade e risco, relacionadas quer com aspectos/fenómenos naturais, quer com o desenvolvimento urbano e/ou industrial (www.amria.pt/securria).

A metodologia adoptada por Coelho *et al.* (2007) para a elaboração da carta de Risco de Cheia (zonas inundáveis) da região da AMRIA assenta em três grandes linhas de actuação: a) a inventariação de marcas de cheia e áreas inundadas nos diversos municípios da área de intervenção; b) o levantamento topográfico de marcas de cheia e de áreas inundadas; c) a elaboração da carta de Risco de Cheia (zonas inundáveis).

Assume-se o registo de ocorrência das cheias de 2001 como principal referência para o presente trabalho, uma vez que se trata de uma situação real, em áreas onde o risco está comprovado, correspondendo ao ano em que, de um modo geral, ocorreram as maiores cheias de que há memória nos últimos trinta anos. O nível de cheia assumido para a construção da carta de Risco de Cheia foi de 5.16 m (Figura IV.2).

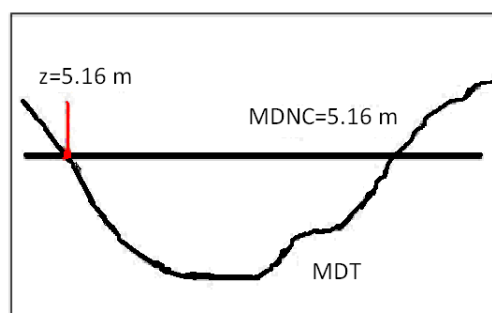


Figura IV.2: Representação do Modelo Digital de Cota de Cheia, utilizado para definir o polígono de Cheia. MDNC – Modelo Digital de Nivel de Cheia; MDT – Modelo Digital de Terreno; Z - ponto cotado (Coelho *et al.*, 2007).

IV.2 Base de Dados ArcGis Desenvolvida

A Base de Dados desenvolvida baseou-se, tal como referido anteriormente, numa cooperação com a CMA. A informação GeoAmbiental foi produzida sobre a informação disponibilizada, de forma a ser possível a uniformização entre os sistemas existentes e os desenvolvidos.

De referir que um dos importantes objectivos deste trabalho é colocar à disponibilidade da sociedade e autoridades do Município de Aveiro a informação geoambiental existente sobre a região de Aveiro, a partir de um suporte único e integrado.

IV.2.1 Informação Geológica e Ambiental Adicionada

O desenvolvimento do material cartográfico digital de carácter geológico e ambiental implicou recolha bibliográfica de informação e recurso a material cartográfico e a compilações já existentes, sobretudo em trabalhos desenvolvidos a nível académico.

A informação adicionada inclui as cartas de Zonamento Geotécnico (CZG) da zona urbana e sub-urbana de Aveiro (Gomes, 1992) e uma compilação do registo de sondagens geotécnicas e hidrogeológicas na região de Aveiro. Em ambos os casos foi estabelecido o contacto com os autores para solicitar autorização para utilizar os dados, referindo o objectivo final do trabalho, como ferramenta de aplicação prática e disponível à sociedade e autoridades do Município de Aveiro.

IV.2.1.1 Zonamento Geotécnico

O desenvolvimento da CZG Digital do Município de Aveiro apoiou-se no trabalho de Doutoramento do Prof. Luís Ferreira Gomes, realizado em 1992, na Universidade de Aveiro (Gomes, 1992) (Figura IV.3).

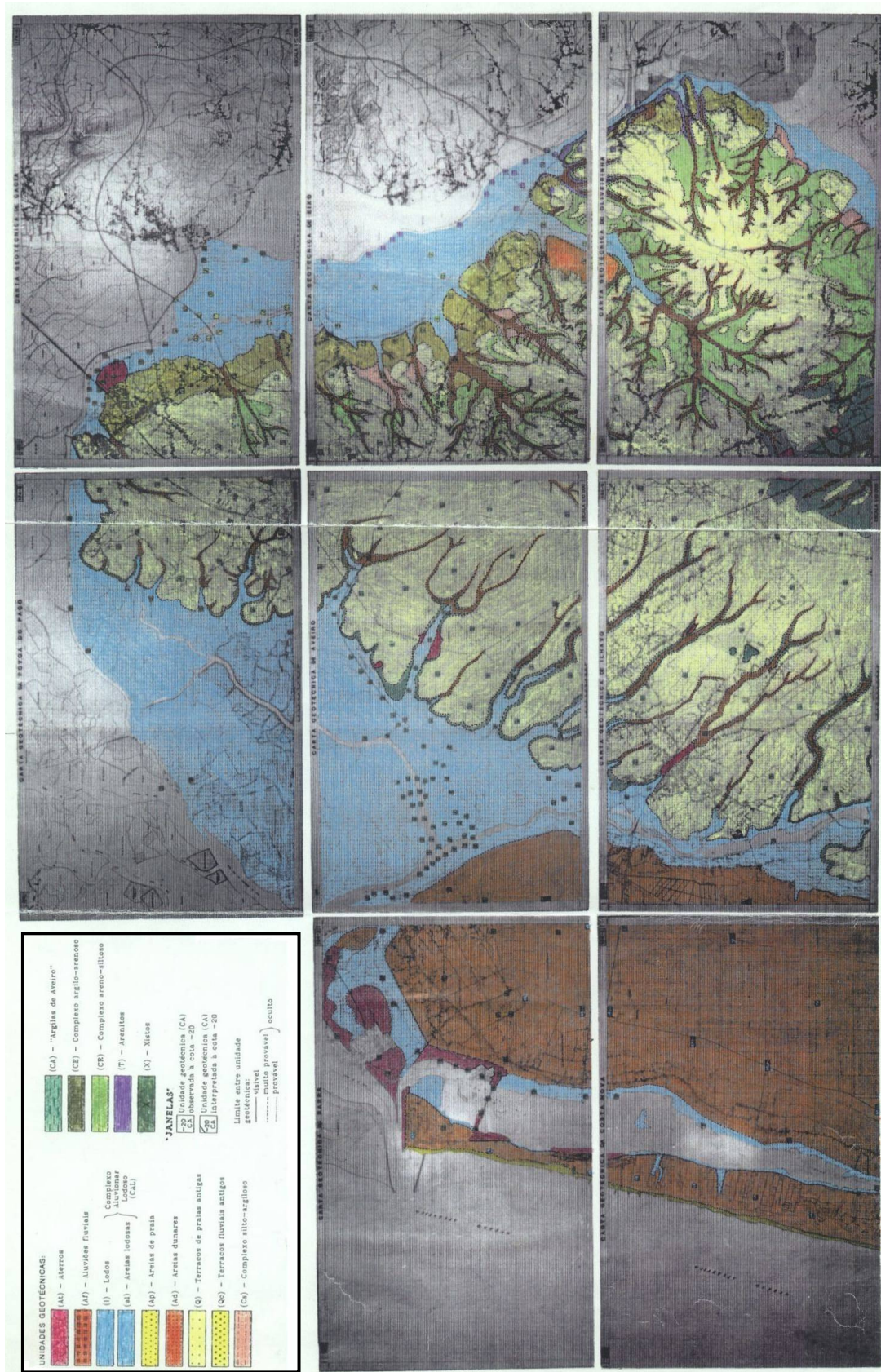


Figura IV.3: Cartas de unidades geotécnicas da região descrita por Gomes (1992) (Escala 1/65000).

No âmbito desta tese foi efectuada a digitalização e georeferenciação das cartas de Zonamento Geotécnico de Aveiro, Barra, Costa Nova e Ílhavo (Figura IV.4). Desta forma, com a disponibilização destes elementos em suporte SIG espera-se contribuir para um acesso mais fácil e integrado às características geotécnicas das zonas urbanas e suburbanas de Aveiro, colaborando para a utilização do subsolo com menor empirismo, através de um planeamento racional e adequado às características geotécnicas de cada parcela de território (Gomes, 1992).

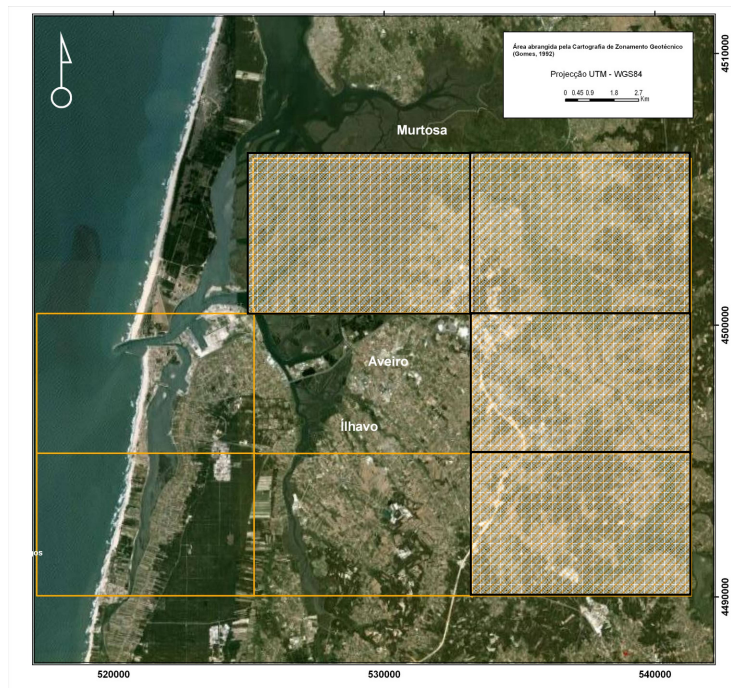


Figura IV.4: Identificação num mapa da região de Aveiro das áreas correspondentes às oito cartas de Zonamento Geotécnico de Gomes (1992). As 4 cartas digitalizadas e georeferenciadas no âmbito deste trabalho (Aveiro, Barra, Costa Nova e Ílhavo) correspondem às áreas não sombreadas.

Imprescindível à realização do presente trabalho foi o contacto pessoal com o autor, que prontamente nos cedeu os seus dados e mapas originais e apoiou desde logo esta iniciativa.

Atendendo à importância da inclusão desta carta neste trabalho, apresenta-se de seguida uma descrição das unidades cartografadas, da metodologia de trabalho e dos dados utilizados, definindo também a simbologia adoptada para a realização desta cartografia.

O trabalho de Gomes (1992) é constituído por uma tese, onde são descritos os métodos de trabalho e os resultados obtidos (volume 1). O segundo volume - anexo cartográfico - inclui treze elementos: oito cartas de Zonamento Geotécnico na escala 1/10000 (Figura IV.4), a legenda das cartas de Zonamento Geotécnico, o quadro síntese das características das unidades geotécnicas da região de Aveiro e ainda três cartas de documentação, em que estão projectados os locais de amostragem (Mapa 1), os locais de prospecção geofísica (Mapa 2) e os locais de prospecção mecânica (Mapa 3), sobre uma base cartográfica que é a carta militar de Portugal 1/25000 (Quadro IV.2).

Cartas de Zonamento Geotécnico Escala 1/10 000	Zonamento Geotécnico de Aveiro
	Zonamento Geotécnico de Ílhavo
	Zonamento Geotécnico da Costa Nova
	Zonamento Geotécnico da Barra
	Zonamento Geotécnico da Póvoa do Paço
	Zonamento Geotécnico de Cacia
	Zonamento Geotécnico de Eixo
	Zonamento Geotécnico de Oliveirinha
Carta de Documentação Escala 1/25 000	Locais de Amostragem (Mapa 1)
	Locais de Prospecção Geofísica (Mapa 2)
	Locais de Prospecção Mecânica (Mapa 3)
Legenda das cartas de Zonamento Geotécnico	(folha única)
Quadro síntese das características das unidades geotécnicas da região de Aveiro	(folha única)

Quadro IV.2: Descrição dos elementos cartográficos que constituem o volume 2 da tese de doutoramento de Gomes (1992).

Embora do trabalho realizado em 1992 tenham resultado oito cartas de Zonamento Geotécnico para Aveiro, Barra, Costa Nova, Ílhavo, Cacia, Eixo, Oliveirinha e Póvoa do Paço (Figura IV.4), por impossibilidade de tempo, optou-se por digitalizar somente as cartas geotécnicas do rectângulo que inclui a zona da cidade de Aveiro (CZG de Aveiro) e as zonas da Barra e Costa Nova (que sofrem actualmente de uma ocupação humana e pressão urbanística enorme). A digitalização das outras quatro cartas é proposta como um dos trabalhos a desenvolver num trabalho futuro.

O desenvolvimento de uma carta de Zonamento Geotécnico é resultado de um trabalho complexo e exaustivo. O esquema da Figura IV.5 apresenta as principais fases e estudos que permitiram a elaboração desta cartografia (Gomes, 1992).

De referir que a compreensão de todos os critérios e metodologias referidas neste sub-capítulo não dispensam a consulta da tese original.

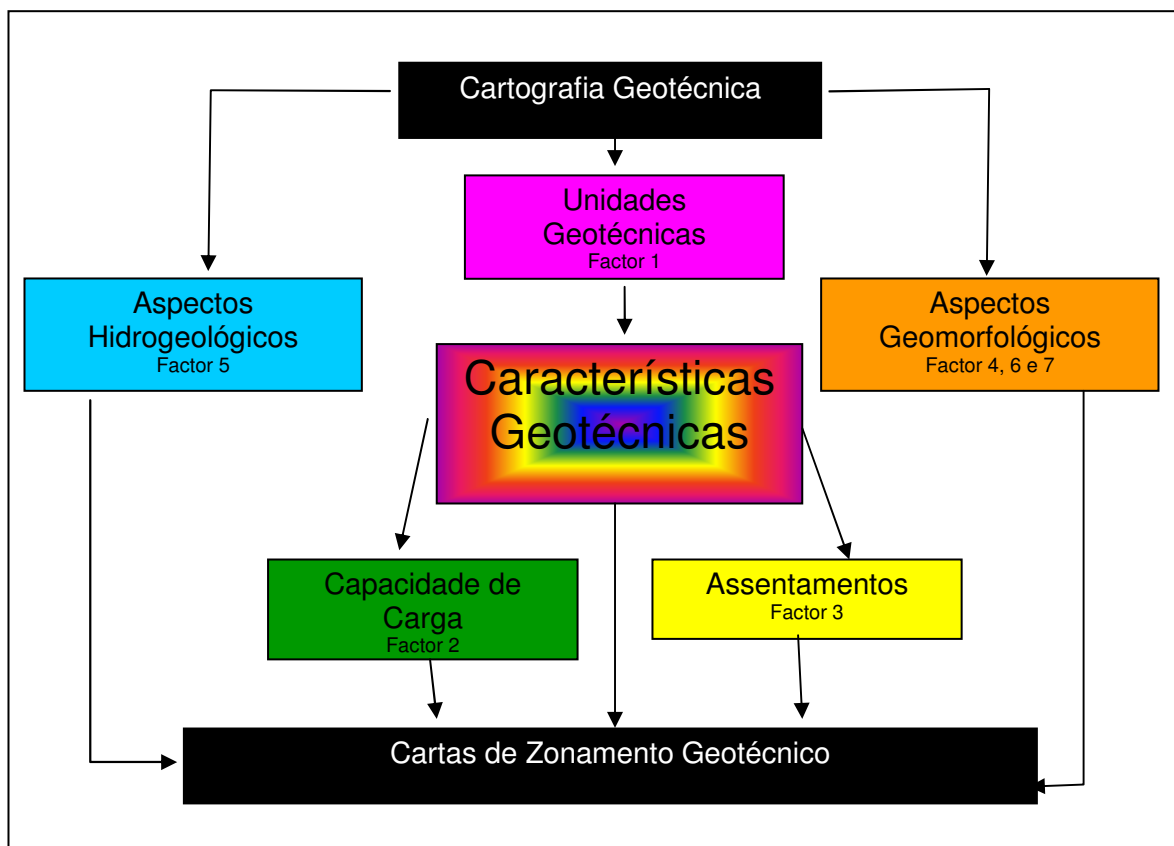


Figura IV.5: Esquema global das principais fases de trabalho envolvidas na realização da cartografia geotécnica da região de Aveiro (adaptado de Gomes, 1992).

Segundo Gomes (1992), o primeiro objectivo do trabalho correspondeu à definição das unidades geotécnicas com base na cartografia geológica, ou seja, segundo o critério litológico. A definição das zonas geotécnicas, objectivo final, resultou da consideração de vários factores: aspectos geomorfológicos, hidrogeológicos e geodinâmicos e ainda avaliação da susceptibilidade de liquefacção, capacidade de carga e susceptibilidade aos assentamentos (Figura IV.5).

Neste sub-capítulo, apresenta-se um resumo das operações que envolveram a definição das unidades e zonas geotécnicas (Figura IV.6), de forma simplificada.

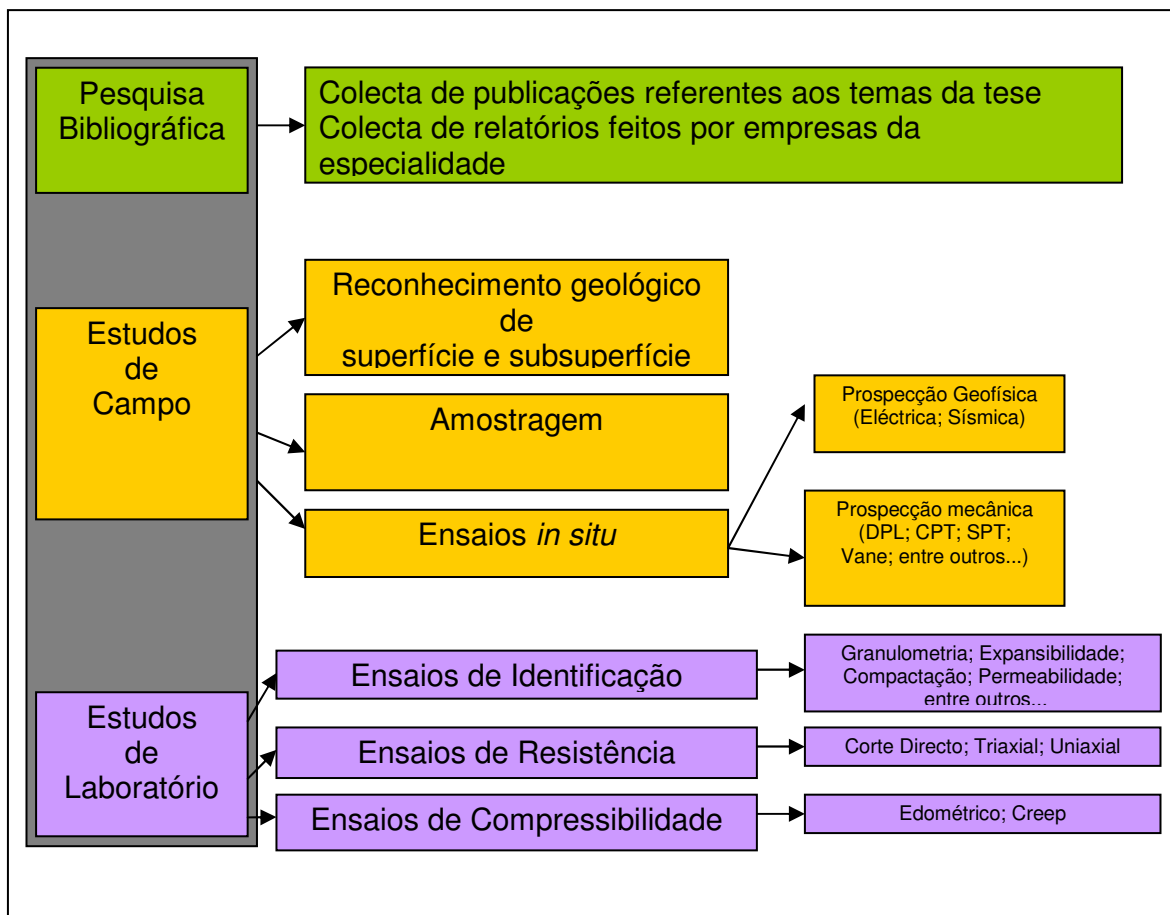


Figura IV.6: Esquema geral dos trabalhos desenvolvidos, com indicação das diferentes fases e ensaios realizados em cada um dos domínios. (Adaptado de Gomes, 1992).

O trabalho de Gomes (1992) iniciou-se com a pesquisa bibliográfica, que passou essencialmente pela consulta de trabalhos relacionados com a

caracterização geotécnica nacional e internacional, assim como a colectânea de vários estudos e trabalhos relacionados com a geologia local e regional da zona em estudo, para além da consulta de relatórios geotécnicos de empresas da especialidade.

Por sua vez, o estudo de campo envolveu três fases distintas. Uma delas diz respeito ao reconhecimento geológico da superfície e sub-superfície, cujos objectivos se prenderam com a identificação dos diferentes tipos litológicos e das principais estruturas geológicas da zona, e com o levantamento de perfis de escavações. A descrição litológica baseou-se no tipo de solo ou rocha, na textura e cor e na heterogeneidade e frequência dos diferentes tipos litológicos encontrados na região em estudo.

Para além da caracterização litológica, que permitiu definir de uma forma prévia as diferentes unidades geotécnicas, a tese desenvolvida por Gomes (1992) conta ainda com mais duas fases de estudos de campo: a amostragem (351 amostras), que permitiu observar directamente as formações subsuperficiais (em geral não atingindo mais que os 8 m) e os ensaios *in situ* (prospecção geofísica, sondagens eléctricas e perfis de refacção sísmica e de prospecção mecânica) cujo principal objectivo foi determinar a espessura das diferentes formações e a caracterização geotécnica das mesmas.

Descritas as diferentes fases que envolveram a aquisição da informação necessária à definição das unidades e zonas geotécnicas, apresenta-se de seguida a descrição da metodologia adoptada por Gomes (1992) para a construção dos mapas.

Nos mapas existem vários elementos: a) cores, b) simbologia de fundo, c) base cartográfica e d) janelas de amostragem.

O elemento que mais se destaca são as cores, pelo seu efeito visual. As diferentes cores indicam distintas zonas geotécnicas e a simbologia de fundo, que surge atrás das cores, diz respeito às unidades geotécnicas. As janelas de amostragem são o elemento pontual que permite dar uma visão tridimensional das unidades geotécnicas abaixo da superfície, uma vez que identifica qual a unidade subjacente e a cota a que se encontra. As indicações dadas nestas janelas de amostragem resultam quer de observação directa, quer da

interpretação de dados (a simbologia das janelas de amostragem é distinta) (Figura IV.7).

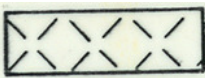
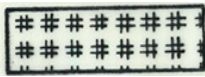
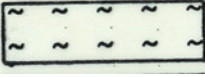
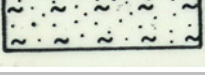
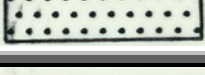
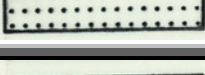
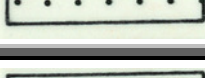
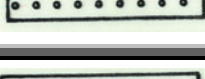
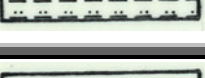



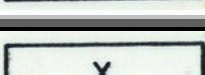
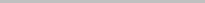


Figura IV.7: Excerto da carta de Zonamento Geotécnico de Aveiro original (Gomes, 1992). Elementos existentes nesta cartografia: a) cores, representando as zonas geotécnicas; b) simbologia de fundo, representando as unidades geotécnicas; c) base cartográfica 1/10000 de 1979; d) janelas de amostragem, indicando a profundidade a que se encontra o topo da unidade geotécnica subjacente.

A base cartográfica utilizada nas cartas de Zonamento Geotécnico 1:10000 é uma edição da Direcção Geral dos Serviços de Urbanização (DGSU, 1979) (L. Gomes, comunicação pessoal).

O reconhecimento de campo realizado serviu de base à definição das unidades geotécnicas, que são definidas numa fase anterior às zonas geotécnicas e que estão agrupadas em duas classes diferentes: formações superficiais e formações do substrato (Quadro IV.3).

A descrição de cada uma das unidades geotécnicas está definida no “Quadro Síntese das Características das Unidades Geotécnicas da Região de Aveiro” de Gomes (1992). Este autor define ainda no seu trabalho uma correspondência entre unidades geotécnicas e geológicas, segundo Teixeira e Zbyszewski (1976) (Quadro IV.4). Esta correspondência esteve na base da definição das várias unidades geotécnicas que, tal como referido anteriormente, foram definidas segundo um critério litológico.

Unidades Geotécnicas				
	At	Aterros		Formações superficiais
	Af	Aluviões Fluviais		
	l	Lodos	Complexo Aluvionar Lodoso (CAL)	
	al	Areias lodosas		
	Ap	Areias de praia		
	Ad	Areias dunares		
	Q	Terraços de Praias Antigas		
	Qc	Terraços Fluviais antigos		
	Cs	Complexo silto-argiloso		
	CA	“Argilas de Aveiro”		Formações do substrato
	CE	Complexo Argilo-Arenoso		
	CR	Complexo Arenoso-siltoso		
	T	Arenitos		
	X	Xistos		

Quadro IV.3: Unidades geotécnicas existentes e respectiva simbologia original em Gomes (1992).



Unidades geotécnicas			Unidades Geológicas (Teixeira e Zbyszewski, 1976)	
Formações	Superficiais	Aterros (At)	Depósitos modernos	
		Aluviões Fluviais (Af)		
		Complexo Aluvionar Lodoso (CAL)		
		Areias de Praia (Ap)		
		Areias Dunares (Ad)		
		Terraços de Praias antigas (Q)		
		Terraços Fluviais antigos (Qc)		
		Complexo Silto-argiloso (Cs)	Depósitos de praias antigas e de terraços fluviais	Pleistocénico
	Do substrato	Argilas de Aveiro (CA)	(Depósitos silto-argilosos)	Cretácico
		Complexo Argilo-arenoso (CE)	Arenitos e Argilas de Aveiro	
		Complexo Argilo-siltoso (CR)	Arenitos de Mamodeiro Calcários e argilas de Carração Arenitos de Requeixo	
		Arenitos (T)	Arenitos de Eirol	Triássico Superior
		Xistos (X)	Complexo Xisto-Grauváquico	Ante-Ordovícico

Quadro IV.4: Unidades Geotécnicas e a correspondência com as unidades geológicas, segundo Teixeira e Zbyszewski (1976) (Adaptado de Gomes, 1992).


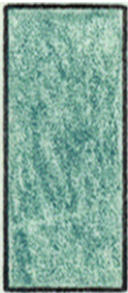


As zonas geotécnicas estão classificadas com oito cores diferentes, definidas com letras de A a H. As cores básicas adoptadas para as CZG são o verde, vermelho e amarelo. As verdes são as que apresentam melhores

características geotécnicas, favoráveis ao planeamento urbano e suburbano da região de Aveiro. As zonas vermelhas correspondem às zonas com piores características geotécnicas, associadas a zonas de inundações e instabilidade, entre outros, e que por esta razão são definidas como zonas de risco para as fundações directas e/ou elevados custos para a construção habitacional. O amarelo atribui-se a zonas com características intermédias entre as duas situações atrás referidas (Gomes, 1992).




A caracterização das zonas geotécnicas foi efectuada com base nos seguintes factores: 1) unidade geotécnica, 2) capacidade de carga, 3) susceptibilidade aos assentamentos, 4) aspectos geomorfológicos (relacionados com o declive da zona), 5) permeabilidade, 6) fenómenos geodinâmicos e 7) susceptibilidade de liquefacção. A descrição pormenorizada de cada zona é apresentada no Quadro IV.5.

Zona A		<p>1 – T e X (nas janelas);</p> <p>2 – elevada;</p> <p>3 – muito baixa (nula);</p> <p>4 – declives superiores a 15%, com algumas escarpas;</p> <p>5 – praticamente impermeável;</p> <p>6 – queda de blocos (raramente);</p> <p>7 – nula.</p>
Zona B		<p>1 - CA, CE e CR;</p> <p>2 – muito alta;</p> <p>3 – muito baixa;</p> <p>4 – declives superiores a 15%, e raramente alguma escarpas;</p> <p>5 – variável, desde praticamente impermeável a média;</p> <p>6 – potencial fluência e escorregamentos (CA e CE) e erosão laminar e ravinosa;</p> <p>7 – nula.</p>

Quadro IV.5: Caracterização das oito zonas geotécnicas para a região de Aveiro. Os factores que as definem estão indicados pelos números de 1 a 7, onde: 1) unidade geotécnica; 2) capacidade de carga; 3) susceptibilidade aos assentamentos; 4) aspectos geomorfológicos (relacionado com o declive da zona); 5) permeabilidade; 6) fenómenos geodinâmicos; 7) susceptibilidade de liquefacção.

Zona B		<p>1 - CA, CE e CR; 2 – muito alta; 3 – muito baixa; 4 – declives superiores a 15%, e raramente alguma escarpas; 5 – variável, desde praticamente impermeável a média; 6 – potencial fluência e escorregamentos (CA e CE) e erosão laminar e ravinosa; 7 – nula.</p>
Zona C		<p>1 - CA, CE e CR; 2 – muito alta; 3 – muito baixa; 4 – declives inferiores a 15% e formas muito suaves; 5 – variável, desde praticamente impermeável a média; 6 – com muito fraco potencial; 7 – nula.</p>
Zona D		<p>1 – Qc; 2 – alta (*); 3 – muito alta (*); 4 – declives inferiores a 15% e formas muito suaves; 5 – média a alta (*); 6 – com muito fraco potencial; 7 – nula. (*): pode ter diferentes atributos em locais com níveis silto-argilosos</p>
Zona E		<p>1 – Q; 2 – média (podendo ter valores inferiores nas proximidades de poços); 3 – instantâneos baixa e primários e secundários muito baixa; 4 – declives inferiores a 15% e formas muito suaves; 5 – geralmente média a alta e raramente baixa; 6 – com fraco potencial, havendo ligeira erosão laminar; 7 – nula.</p>

Quadro IV.5 (cont.): Caracterização das oito zonas geotécnicas para a região de Aveiro. Os factores que as definem estão indicados pelos números de 1 a 7, onde: 1) unidade geotécnica; 2) capacidade de carga; 3) susceptibilidade aos assentamentos; 4) aspectos geomorfológicos (relacionado com o declive da zona); 5) permeabilidade; 6) fenómenos geodinâmicos; 7) susceptibilidade de liquefacção.

Zona F		<p>1 – Ad, Ap, CAL e At;</p> <p>2 – média;</p> <p>3 – instantâneos baixa a média e primários e secundários muito baixa;</p> <p>4 – declives em geral inferiores a 2% e formas suaves e por vezes alguma ondulação (Ad);</p> <p>5 – média;</p> <p>6 – alguma sedimentação e elevado potencial de erosão eólica;</p> <p>7 – At: Moderada a alta; CAL, Ap e Ad: até 2 m profundidade: muito fraca a moderada (CAL e Ap) e muito fraca (Ad); abaixo dos 2 m nula.</p>
Zona G		<p>1 – Q, Qc, Cs;</p> <p>2 – variável, sendo frequentemente média;</p> <p>3 – variável sendo frequentemente baixa para os instantâneos e muito baixa para os primários e os secundários;</p> <p>4 – declives geralmente superiores a 15%, quando menores, verificam-se nas proximidades das bordaduras das unidades; formas muito irregulares com pequenas escarpas;</p> <p>5 – muito variável, desde praticamente impermeável a alta;</p> <p>6 – elevado potencial de erosão laminar, ravinosa e queda de material;</p> <p>7 – nula.</p>
Zona H		<p>1 – CAL, Af e At;</p> <p>2 – variável desde extremamente baixa a média;</p> <p>3 – muito variável: muito baixa a média nos instantâneos, muito baixa a extremamente elevada nos primários e muito baixa a alta nos secundários;</p> <p>4 – declives geralmente inferiores a 2%;</p> <p>5 muito variável desde praticamente impermeável a alta;</p> <p>6 – elevado potencial de erosão laminar e fluvial em Af e sedimentação em CAL e Af a juzante das linhas de água;</p> <p>7 – muito variável, sendo elevada nos lodos com IC<0, muito fraca a moderada nas areias (CAL) até aos 2m de profundidade, muito fraca a fraca nos aluviões arenosos (Af), e nula nas outras situações.</p>

Quadro IV.5 (cont.): Caracterização das oito zonas geotécnicas para a região de Aveiro. Os factores que as definem estão indicados pelos números de 1 a 7, onde: 1) unidade geotécnica; 2) capacidade de carga; 3) susceptibilidade aos assentamentos; 4) aspectos geomorfológicos (relacionado com o declive da zona); 5) permeabilidade; 6) fenómenos geodinâmicos; 7) susceptibilidade de liquefacção.

Relativamente à caracterização da susceptibilidade ao assentamento importa referir os conceitos de assentamentos instantâneos, primários e secundários, cuja soma das parcelas define o assentamento total final. Os assentamentos instantâneos devem-se essencialmente à compressão de bolhas de ar oclusas e também aos deslocamentos elásticos do “esqueleto” sólido e da água, os assentamentos primários resultam da consolidação primária relacionada com a expulsão de água dos poros do solo, como consequência dos excessos de pressão neutra (Gomes, 1992) e os assentamentos secundários resultam da consolidação secundária consequência de deslocamentos muito lentos provocados por fluência do esqueleto sólido sob tensão *efectiva constante* (Folque, 1991 in Gomes, 1992).

A inclusão neste trabalho da carta de Zonamento Geotécnico Digital foi possível graças à permissão do autor para a digitalização e georeferenciação dos elementos originais (Quadro IV.2).

IV.2.1.2 Compilação de Registos de Sondagens

Um outro nível de informação adicionado foi a localização das sondagens geotécnicas e hidrogeológicas na região de Aveiro.

As sondagens compiladas provêm de duas fontes de informação. Parte obtidas duma compilação previamente elaborada no âmbito da realização de trabalhos académicos, e as restantes provêm da CZG de Gomes (1992).

A primeira das fontes citadas contribuiu com a maior parte dos registos (um total de 253 sondagens), tendo sido elaborada por T. Melo, V. Magalhães e H. Duarte (comunicação pessoal). As profundidades das sondagens permitem reconhecer, em alguns casos, as formações Cretácicas.

Para algumas das sondagens (185 das 253 registos de sondagens apresentados), a descrição é muito exaustiva, apresentando resultados para a análise química. Tendo em conta que o objectivo deste trabalho (cartografia de furos de sondagem geotécnicas e hidrogeológicas existentes na região e determinação da profundidade a que se encontram determinadas formações geológicas), simplificou-se a compilação das sondagens (Quadro IV.6).

Nome da coluna	Descrição
Ref_Total	Número que permite a catalogação da sondagem nesta compilação
UTM_X	Coordenada X para o ponto de sondagem – Projecção UTM; WGS84
UTM_Y	Coordenada Y para o ponto de sondagem – Projecção UTM; WGS84
Quat_VH (VH –altura vertical)	Profundidade vertical a que se localizam as primeiras evidências de formações do Quaternário
Cret_VH (VH –altura vertical)	Profundidade vertical a que se localizam as primeiras evidências de formações do Cretácico

Quadro IV.6: Características descritivas referidas na simplificação da compilação das sondagens hidrogeológicas, (T. Melo, V. Magalhães e H. Duarte: comunicação pessoal) usadas neste trabalho.

Os registos de sondagens, obtidos a partir das cartas de Zonamento Geotécnico, apenas incluem a localização e profundidade (interpretada ou real) a que se encontra o topo de duas formações Cretácicas: as Argilas de Aveiro e o Complexo Argilo-arenoso (Gomes, 1992), relativamente à topografia de superfície.

A importância da formação Argilas de Aveiro relaciona-se com o facto de ser uma camada que marca a transição para o início do Cretácico em profundidade. Bem representada na região de Aveiro e com elevada reflectividade, a identificação desta interface é bastante fácil de distinguir em perfis geofísicos. Para além das vantagens estratigráficas, esta camada pelas suas características litológicas, é importante, porque é uma das formações assumida como horizonte de fundação para muitas construções na região de Aveiro (Benta, 2007).

A descrição simples no caso dos registos de sondagens obtidos a partir das cartas de Zonamento Geotécnico resulta do facto dos dados serem retirados directamente de um elemento gráfico - cartas de Zonamento Geotécnico de Gomes (1992) - não estando disponíveis para este trabalho os registos originais dos furos. Uma das grandes vantagens do SIG é exactamente permitir a

reutilização de dados, evitando a sua dispersão ou perda, dando um novo alento a dados que continuam a ter a sua validade e potencial de utilização elevado, em especial se estiverem acessíveis aos especialistas do ramo (Geólogos, Eng. Civis, Arquitectos, etc). A obtenção dos dados das cartas de Zonamento Geotécnico será detalhadamente explicada no sub-capítulo IV.2.3.1, dado que foi necessária a manipulação da Base de Dados e a construção de *Feature Classes*.

IV.2.1.3 Compilação de Sismos para Portugal Continental

No que diz respeito à avaliação do risco sísmico para a zona Aveiro, foi incluída na Base de Dados desenvolvida neste trabalho dados referentes aos epicentros dos sismos históricos ocorridos em Portugal continental. Os dados cedidos resultam de uma compilação do Instituto de Meteorologia (IM) e do Serviço Nacional de Protecção Civil (SNPC) (C. S. Oliveira, comunicação pessoal).

O ficheiro incluía 2619 registos sísmicos desde 63 a.C. até 2007, considerando não somente a área de Aveiro, mas sim os epicentros sísmicos para a área de Portugal continental. Cada um dos registos tem várias informações associadas: magnitude, localização assumida para o epicentro do sismo e, na maior parte dos casos indica também o ano, mês, dia, hora e minuto em que ocorreram.

As coordenadas dos epicentros calculados para os vários eventos sísmicos estão definidas segundo o Datum WGS84, de acordo com a projecção UTM (fuso 29N).

IV.2.1.4 Rede de Lineamentos Morfológicos

H. Duarte (comunicação pessoal) realizou um mapa preliminar de lineamentos morfológicos fotointerpretados para a Região da Beira Litoral.

O referido mapa foi incorporado na Base de Dados desenvolvida neste trabalho por se mostrar de enorme importância o conhecimento, do ponto de vista da gestão do risco, a identificação do controle estrutural que envolve a região. Pretende-se num trabalho futuro vir a detalhar este aspecto.

IV.2.1.5 Informação do Atlas do Ambiente

A versão digital do Atlas do Ambiente, do Instituto do Ambiente, surge, em 1987, com o objectivo de disponibilizar ao público um conjunto de informação geográfica de cariz eminentemente ambiental. O projecto, que pretendeu ir ao encontro das exigências dos utilizadores tornando a informação mais acessível, é constituído por um grande número de níveis correspondentes a temas essenciais do ambiente, os quais são sobreponíveis, possibilitando uma completa base de trabalho para o SIG.

Dentro da enorme variedade de informação SIG disponibilizada, a que mostrou ser útil à Base de Dados GeoAmbiental aqui desenvolvida, foi incluída. Entre os elementos adicionados encontram-se a carta da Precipitação Média Anual e a carta Litológica 1:1000000.

IV.2.1.6 Previsão do Alastramento de uma mancha de petróleo na Ria de Aveiro

Foram incluídos ainda na Base de Dados desenvolvida alguns resultados do projecto final de licenciatura em Meteorologia, Oceanografia e Geofísica, do aluno Renato Mendes, orientado pelos Profs. Drº João Dias (Dep. Física) e Prof. Drº Luis Menezes Pinheiro (Dep. Geociências). Este trabalho nasceu a partir de uma proposta de cooperação interdisciplinar entre especialistas da Universidade de Aveiro em diferentes áreas científicas resultando em mais um contributo para o Município. Os parâmetros inerentes à elaboração do modelo são referidos, de forma resumida e sucinta, neste sub-capítulo, enquanto que as conclusões são apresentadas no capítulo V, onde se analisa o risco de derrames petrolíferos para

esta região. A total compreensão deste projecto não dispensa a consulta do projecto integral (Mendes, 2008).

Este projecto final de licenciatura consistiu na estimativa da dispersão de um derrame petrolífero na embocadura da Ria de Aveiro (vulgo Barra de Aveiro), utilizando a modelação lagrangeana de emissão de partículas passivas. A modelação foi realizada através de um modelo lagrangeano¹, acoplado a um modelo hidrodinâmico, previamente calibrado e validado. As simulações realizaram-se em 3 diferentes tipos de maré (maré-viva, maré-morta e maré-média) e com a contribuição dos caudais fluviais médios e também sem estes, de modo a simular uma época de seca extrema (Mendes, 2008) (Figura IV.8).

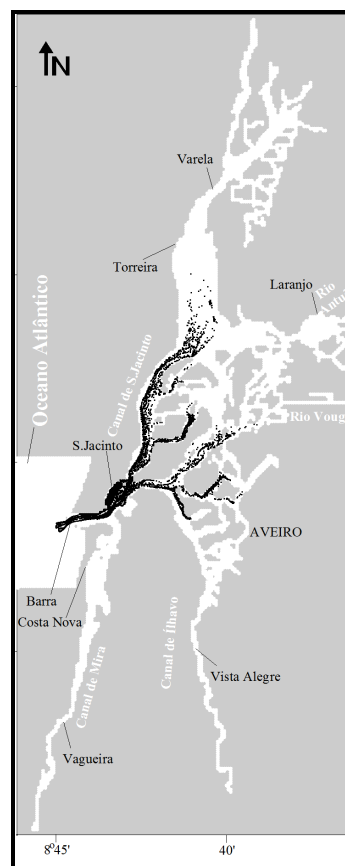


Figura IV.8: Exemplo de modelo de dispersão de uma mancha de petróleo ao fim de 6 horas após o derrame, para um dos cenários propostos: maré-viva e com a contribuição dos caudais fluviais (Mendes, 2008).

¹Modelo Lagrangeano é um modelo numérico utilizado para realizar estudos de processos dispersivos, especialmente em zonas costeiras, estuários e lagunas. Neste tipo de modelos a concentração é calculada em função do movimento de uma dada parcela de água (conceito Lagrangeano) ao invés de se calcular a concentração em cada profundidade (conceito Euleriano) (Eskes, 2006; Dias, 2005)

Para uma melhor compreensão deste trabalho é necessário enunciar alguns dos parâmetros utilizados:

- Foi considerado que a emissão de partículas foi iniciada 2 horas após o momento de baixa-mar;
- A simulação foi realizada até ao ponto em que o movimento de enchente perde influência (6-7 horas após o início da simulação);
- O local de emissão das partículas definido foi a entrada da Ria de Aveiro, junto à zona da Barra;
- A cada 1 hora de simulação foram efectuadas saídas do modelo, gerando assim um total de 36 cenários, que foram incluídos na Base de Dados desenvolvida como imagens georeferenciadas;
- Existem algumas limitações no desenvolvimento dos cenários:
 - As equações utilizadas na implementação do modelo não foram específicas para as características do óleo derramado;
 - Não foi considerada a influência da intensidade e direcção do vento na dispersão dos hidrocarbonetos (Mendes, 2008).

IV.2.2 Estruturação da Base de Dados e Sistema de Projectão

Neste capítulo descreve-se a metodologia utilizada para a interligação da diversa informação geoambiental desenvolvida ao longo deste trabalho.

Neste trabalho propôs-se a integração de um conjunto de informação numa Base de Dados em Sistema de Informação Geográfica (SIG). Inerente ao seu desenvolvimento esteve a definição da estrutura hierárquica dos dados e a definição do sistema de projecção mais adequado.

A construção da base de dados foi realizada utilizando o software ArcGis 9.2 da ESRI (Environmental Systems Research Institute) utilizando a licença do Campus da Universidade de Aveiro.

O ArcGis é um conjunto integrado de produtos de software que constituem um Sistema de Informação Geográfica que apresenta um largo leque de capacidades, permitindo assegurar a construção de uma base de dados coerente e estruturada e inter-relações entre os dados (ESRI) (Figura IV.9).



Figura IV.9: Arquitetura ArcGis (Fonte: ESRI).

O pacote utilizado foi o ArcView 9.2, do ArcGis Desktop. É um software de SIG completo que permite visualizar, explorar e analisar dados geográficos, revelando padrões, relações e tendências subjacentes, podendo ser utilizado na criação de mapas, gestão de dados e realização de análises espaciais. Compreende três aplicações distintas, as quais: ArcMap, ArcCatalog e ArcToolbox (Figura IV.10), que disponibilizam diferentes funcionalidades. No ArcView a maior parte dos dados tem uma componente que pode ser ligada a um lugar: morada, código postal, localização por GPS, cidade, entre outros. No presente caso, trabalhou-se quase sempre com elementos georeferenciados, quer no caso da localização de sondagens, quer através dos ortofotos, quer na definição de zonas geotécnicas.

Para além do ArcView, foram indispensáveis as extensões ArcGIS que permitem a realização de tarefas como o processamento de dados raster, visualização tridimensional e análise geoestatística. No trabalho desenvolvido foi essencial a extensão ArcGIS 3D *Analyst*, que adiciona ao ArcGIS funcionalidades para a criação, visualização e análise de superfícies a 3 dimensões. Contém duas aplicações, ArcScene e o ArcGlobe, para uma perspectiva global de grandes volumes de dados com alta performance (ESRI), cuja aplicação se apresenta neste capítulo.

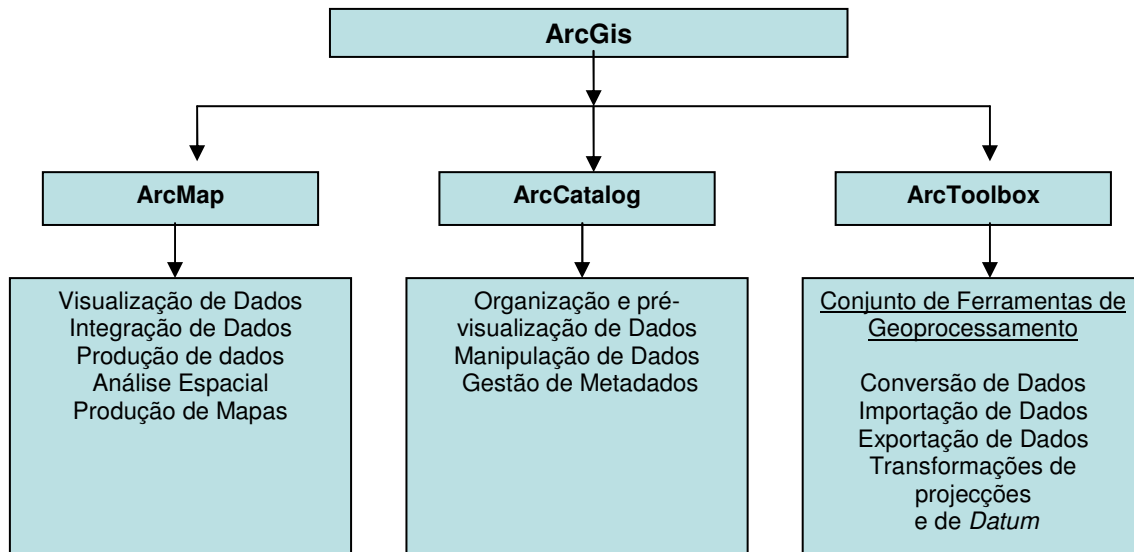


Figura IV.10: Funcionalidades gerais de cada uma das aplicações do ArcGis 9.2 (FDR, s/ data).

As potencialidades deste software são inúmeras e por esta razão, cada vez mais, é um software ao qual se reconhece elevada utilidade. No âmbito do trabalho proposto foram de grande importância as capacidades seguintes:

- Vectorizar mapas;
- Realizar operações de geoprocessamento (união, corte, exclusão);
- Dispor numa representação gráfica um conjunto de dados, criando tabelas de atributos e questionar os atributos por forma a gerar visualizações gráficas que facilitam a interpretação dos dados;
- Armazenar grandes quantidades de dados geográficos, com a possibilidade de os manipular de uma só vez;
- Usar técnicas de validação, forma a identificar e corrigir certos erros que possam ter ocorrido no *input* dos dados;
- Desenvolver modelos 3D de várias superfícies.

É preciso ter em consideração o facto de que o ArcGis é uma ferramenta que tem também algumas limitações. Estas limitações estão relacionadas sobretudo com o que se designa de limite de representação ou dimensão zero/nula. É um factor que se refere ao limite de tamanho mínimo com que um objecto pode ser mostrado de forma legível no mapa. Habitualmente a dimensão

zero/nula é tomada por uma distância de 0.2 mm no mapa (o tamanho de um ponto que é visível a olho nu). Assim, qualquer que seja a escala considerada, se um objecto tem tamanho inferior à dimensão zero/nula tende a ser generalizado², com o objectivo de melhorar a leitura e a qualidade do mapa (Tizzard, 2007).

Relativamente à digitalização da cartografia de Zonamento Geotécnico é necessário ter em consideração esta limitação numa escala maior. A carta de Zonamento Geotécnico digital foi obtida a partir da original, em papel, na escala 1/10000. Tendo em consideração que o erro gráfico de um mapa é aceite como 0.2 mm (limite da acuidade visual humana) (Timbó, 2001), de acordo com a escala do mapa o erro é de 2 m no terreno, e assim sendo, objectos com dimensão inferior a 2 m serão generalizados. Os 0.2 mm de dimensão zero seriam válidos apenas se a cartografia digital tivesse sido feita a partir dos dados “primários”. Este é um aspecto que tem que ficar claro ao utilizador, quando extrair ou utilizar dados desta cartografia.

Inerente ao desenvolvimento de uma Base de Dados em Sistema de Informação Geográfica é a definição do sistema de projecção que estabelece a forma como se faz a projecção planar de uma superfície que na realidade não o é.

Associado a um sistema de projecção existe um conjunto de parâmetros a definir: a) sistemas de coordenadas ou de referenciação, b) *Datum* (elipsóide, ponto de fixação e tipo de projecção), c) ponto central da quadrícula, d) origem de coordenadas e, e) localização das linhas padrão (Gaspar, 2005).

Um sistema de coordenadas é um meio de referenciar posições no espaço através de medidas de comprimentos, de ângulos, ou de ambos, a partir de origens determinadas. Mais utilizados são, sobretudo, o sistema de coordenadas geográficas e o sistema de coordenadas rectangulares. O primeiro baseia-se na própria rede de meridianos e paralelos, a que se chamam malhas geográficas (latitude e longitude). O sistema de coordenadas geográficas destina-se, essencialmente, a facilitar a localização, designação e comunicação de posições ou de áreas à superfície da Terra, sendo aplicável aos modelos tridimensionais da Terra. O segundo estabelece um sistema de coordenadas sobre determinadas

² A generalização digital pode ser definida como o processo de derivar, a partir de uma fonte de dados, um conjunto de dados cartográficos codificado digitalmente ou simbolicamente, através da aplicação de transformações de dados espaciais e atributos (McMaster e Shea, 1992).

projectções cartográficas, que se designam por quadrículas cartográficas. Ignorando o efeito da curvatura da Terra para áreas relativamente pequenas, tem vantagem a adopção de um sistema de coordenadas rectangulares em que os cálculos são simplificados e no qual a leitura e marcação de posições, distâncias e direcções estão facilitadas (Gaspar, 2005).

No presente trabalho descreve-se e apresenta-se material cartográfico relativo a uma área relativamente pequena, tendo em conta a escala mundial. A opção da utilização de um sistema de coordenadas rectangulares foi óbvia, devido às vantagens referidas anteriormente para áreas relativamente pequenas.

Os restantes parâmetros, inerentes à definição de um sistema de projectção, podem ser de vários tipos e classes, pelo que se opta, de seguida, pela descrição de cada um deles analisando três dos sistemas adoptados para a projectção cartográfica relativa ao território continental português: Hayford-Gauss-Militar, Hayford-Gauss-Melriça e o sistema UTM.

Nas Figuras IV.11 e IV.12 são descritas as características dos sistemas de projectção Hayford-Gauss-Militar e Hayford-Gauss-Melriça.

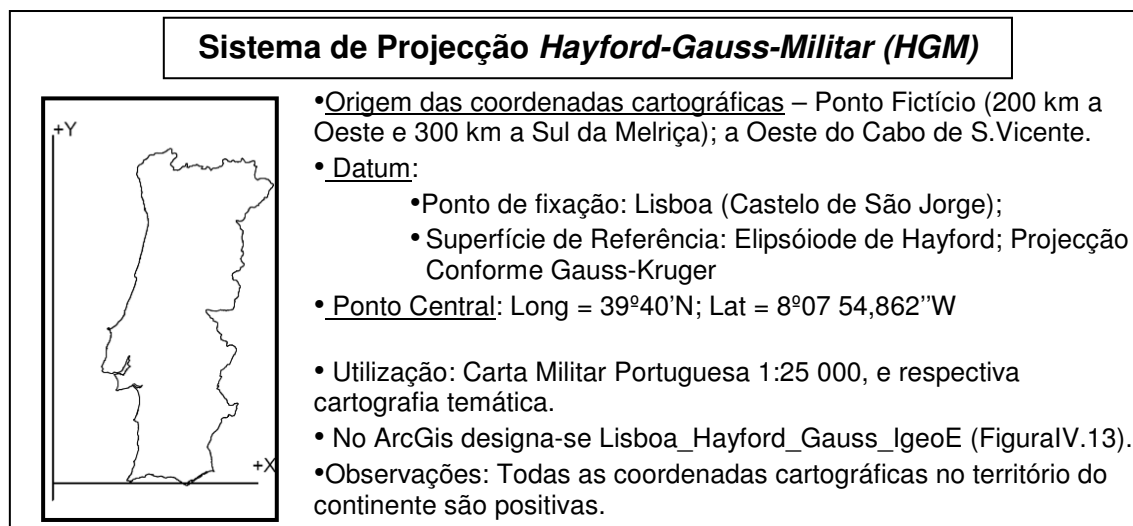


Figura IV.11: Sistema de projectção Hayford-Gauss-Militar (ESTIG, s/data; Gaspar, 2005).

O sistema de projectção UTM foi concebido para cobrir todo o globo, dividindo a Terra em 60 fusos, com amplitudes de 6° de longitude cada, que se subdividem em zonas com 8° de extensão em latitude. No que diz respeito à área geográfica ocupada por Portugal, pelo facto do meridiano central do fuso 29 (9°W)

ser excêntrico em relação ao território do continente e porque o sistema Gauss compreende um Fuso de menor dimensão (apenas 4º de longitude), as deformações do sistema UTM são muito superiores às que verificam nos dois sistemas referidos anteriormente (Gaspar, 2005; J.P.Hespanha, comunicação pessoal).

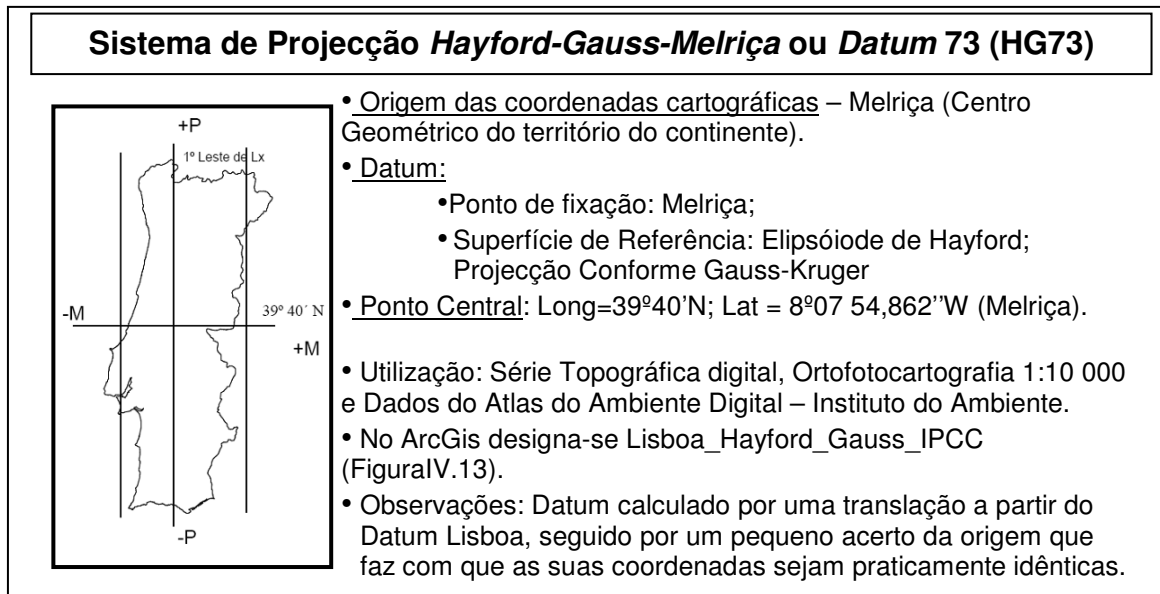


Figura IV.12: Sistemas de projecção Hayford-Gauss-Melriça (ESTIG, s/data; Gaspar, 2005).

Tomando em consideração as características de cada sistema de projecção, pode concluir-se que o sistema de Projecção UTM, apesar do seu carácter global, não seria o mais indicado para a construção desta Base de Dados. Menciona-se no entanto que este sistema de Projecção foi utilizado na elaboração dos mapas que utilizam como base imagens de satélite do GoogleEarth, como é o caso do mapa da Figura IV.4.

Os sistemas de projecção HGM e HG73 são ambos bastante adequados à projecção cartográfica do território português, pelo que a opção passou pela uniformização do nosso sistema à maior parte dos dados a incluir (informação SIG cedida pela CMA) que adopta o sistema de projecção HG73 (Figura IV.13).

Como todos os sistemas de informação, o ArcGIS tem um modelo bem definido para trabalhar dados – a *Geodatabase*. Mais do que um gestor de informação geográfica, a *Geodatabase* implementa uma sofisticada lógica de

gestão de informação que, entre outros, constrói relações entre tipos de dados como topologias e efectua a validação dos dados (ESRI).

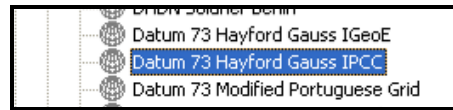


Figura IV.13: Painel de Selecção do Sistema de Projecção no software ArcGis.

A Base de Dados desenvolvida neste trabalho inclui uma única Geodatabase, designada “CartadeRisco” (Figura IV.14), que gere grande parte da informação. A informação do tipo raster (tif, jpg) encontra-se organizada em directórios externos à *Geodatabase*, devido à impossibilidade de ser incluída numa *Personal Geodatabase*.

A “CartadeRisco” encontra-se organizada em 8 *Feature Datasets* (Figura IV.14). Uma *Feature Dataset* é um elemento organizacional definido por ter uma única referência espacial compartilhada por todos os seus elementos menores, *Feature Classes*, fazendo com que seja possível a relação topológica entre eles (Bineli et al., 2007).

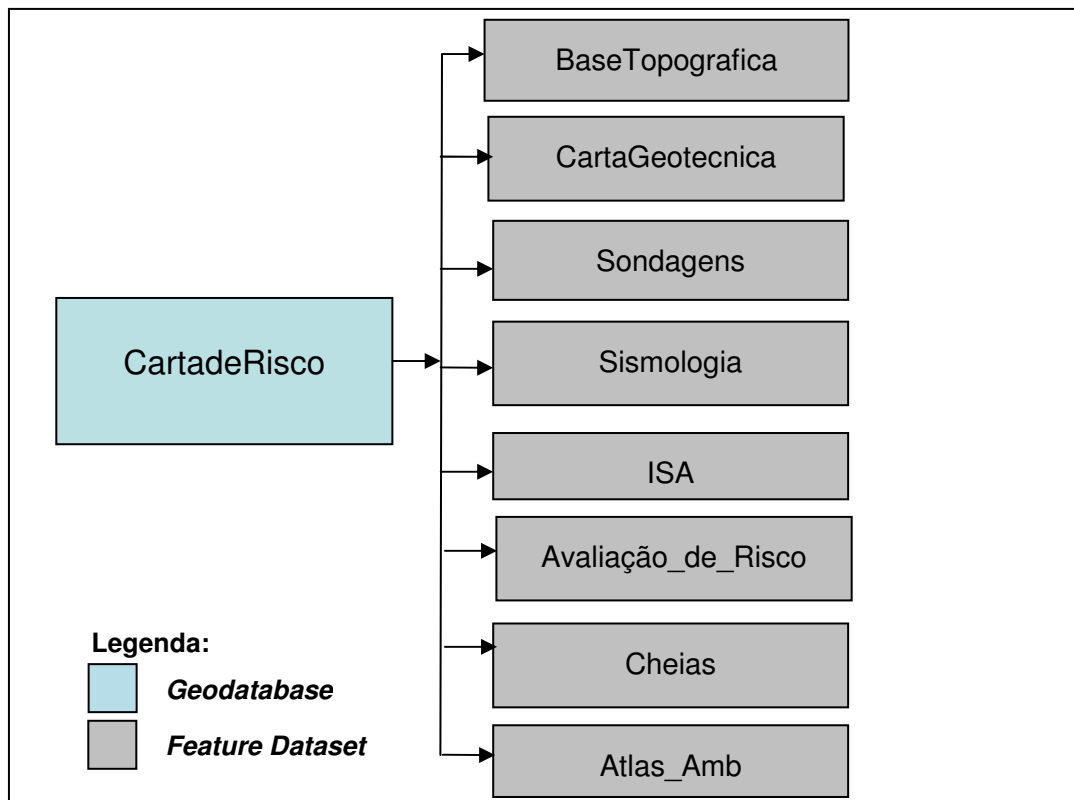


Figura IV.14: Design da Geodatabase.

As *Feature Classes* são representações conceptuais que incluem pontos, linhas, áreas e anotações. As *Feature Datasets* existentes neste trabalho encontram-se organizadas em 32 *Feature Classes* (Quadro IV.7)

<i>Feature Dataset</i>	<i>Feature Classes</i> incluídas	Área geográfica
BaseTopografica	Altimetria_CNivel Altimetria_PontosCotados Construções Freg_Av_CMA Hidrografia Hidrologia_10k Hidrologia_eixos_25k Vias	Município de Aveiro
Atlas_Amb	Altimetria_AtlasAmb_PtCont_1982 BaciasHidro_Atlasamb_PtCont_1989 Batimetria_AtlasAmb_PtCont_1982 Carta_Litologica_1_1000000_AtlasAmb_1982 Concelhos_AtlasAmb_PtCont_1980 Escoamento_AtlasAmb_PtCont_1974 FerroviasPt_AtlasAmb_1997 LimitePtCont_AtlasAmb_1989 PrecipitaçãoMediaAnual_AtlasAmb_1974 UsoSolo_AtlasAmb_PTCont_1980	Portugal Continental
CartaGeotecnica	Anot_titulo_Aveiro Anot_titulo_Barra Anot_titulo_CostaNova Anot_titulo_Ilhavo Anotacao_Aveiro Anotacao_Barra Anotacao_CostaNova Anotacao_Ilhavo Janelas_Av Janelas_Ba Janelas_CN Janelas_Ih Limite_Geotecnia_Aveiro Limite_Geotecnia_Barra Limite_Geotecnia_CostaNova Limite_Geotecnia_Ilhavo Topologia_Av_I_CN_Ba Topologia_Aveiro_detalhe Topologia_Barra_detalhe Topologia_CostaNova_detalhe Topologia_Ilhavo_detalhe Zonamento_Geotecnia_Barra Zonamento_Geotecnia_Av_II_CN_Ba Zonamento_Geotecnia_Aveiro Zonamento_Geotecnia_CostaNova Zonamento_Geotecnia_Ilhavo	Aveiro, Barra, Costa Nova e Ílhavo

Quadro IV.7: *Feature Datasets* e *Feature Classes* existentes na Geodatabase desenvolvida neste trabalho.

<i>Feature Dataset</i>	<i>Feature Classes incluídas</i>	<i>Área geográfica</i>
Cheias	Pol_Cheias	Município de Aveiro
ISA	LimitePtCont_AtlasAmb_1989_Datum73 Classificacao_ISA	Linha de costa entre Mira e Ovar
Sismologia	Morpho_Lineaments_H_Duarte Sismos_Cont_SNPC	Região de Aveiro/Portugal Continental
Sondagens	Sondagens_BDGA Sondagens_compilacao Sondagens_Melo_Magalhaes_Duarte	Região de Aveiro
Avaliação_de_Risco	Risco_freguesias_Av	

Quadro IV.7 (cont.): *Feature Datasets e Feature Classes existentes na Geodatabase desenvolvida neste trabalho.*

No Anexo 1 identifica-se a metodologia utilizada para a criação dos vários níveis de informação SIG: *Geodatabase, Feature Dataset e Feature Class*. Indicam-se os vários passos a seguir, assim como os valores parametrizados que devem se escolhidos.

IV.2.3 Resultados

No âmbito da tese desenvolvida foram elaborados novos elementos cartográficos que, dada a sua vertente SIG, se espera sejam úteis à comunidade servida pelo Município e às entidades municipais responsáveis pela gestão do risco.

A cartografia de Zonamento Geotécnico introduzida foi convertida num produto digital georeferenciado. Foi também elaborada uma cartografia digital das sondagens, com elaboração de um mapa do topo da formação das *Argilas do Cretácico*.

Foram ainda produzidos elementos tridimensionais para a cartografia de Zonamento Geotécnico, para a cartografia Geológica, e ainda um outro com base nos ortofotos do IGP.

IV.2.3.1 Carta de Zonamento Geotécnico Digital

A digitalização das cartas de Zonamento Geotécnico (CZG) foi a tarefa mais morosa do trabalho descrito nesta tese, por ter requerido o desenvolvimento dos de competências relativas à manipulação de informação geográfica no âmbito do software ArcGis e um trabalho de elevado pormenor.

O trabalho realizado baseou-se na digitalização de todos os elementos existentes nas CZG (Aveiro, Barra, Costa nova e Ílhavo), de Gomes (1992). Estas incluíram: cores, simbologia e janelas de amostragem (referidas no sub-capítulo IV.2.1.1; Figura IV.15).

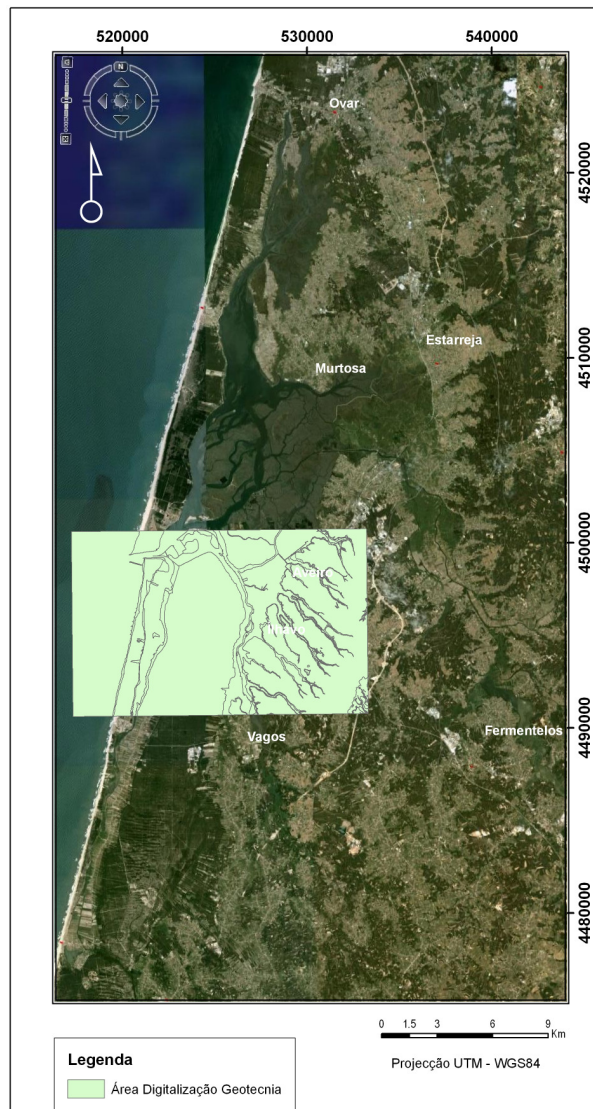


Figura IV.15: Área correspondente às quatro cartas de Zonamento Geotécnico (Gomes, 1992) digitalizadas: Aveiro, Barra, Costa Nova e Ílhavo (coordenadas UTM).

A base de trabalho para a digitalização da carta e para a construção das *Feature Classes* necessárias foram os *scans* (primeiro passo na conversão analógico-digital desta informação para a GDB) das cartas originais em papel (ficheiros tif; Figura IV.16), que por se tratarem de ficheiros em matriz imagem que não podiam ser incluídos na geodatabase. Os ficheiros foram organizados numa pasta externa à *geodatabase*, designada Geotecnia.

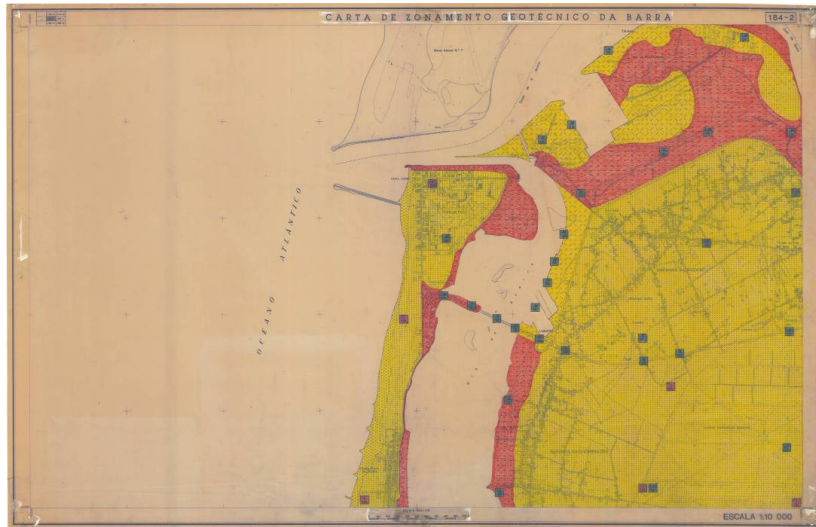


Figura IV.16: Scan da carta de Zonamento Geotécnico da Barra, original.

Relativamente à informação geotécnica na Base de Dados, foi criada uma *Feature Dataset* com o nome de “CartaGeotecnica” e nela foram organizadas todas as *Feature classes* relativas à digitalização das cartas de Zonamento Geotécnico.

A digitalização das CZG de Aveiro, Barra, Costa Nova e Ílhavo, envolveram diferentes etapas e tarefas, interligadas e com relações de precedência umas relativamente às outras:

1. Criação de um projecto *ArcMap* designado “Geotecnia_xxxx”, em que xxxx corresponde ao nome da área do mapa: Aveiro, Barra, Costa Nova ou Ílhavo;
2. Importação e Georeferenciação dos scans das cartas de Zonamento Geotécnico, no projecto criado;

3. Digitalização/Vectorização dos limites das várias unidades geotécnicas através de linhas;
4. Conversão das linhas para polígonos;
5. Verificação da Topologia¹;
6. Preenchimento dos atributos definidos pelo utilizador;
7. Criação da simbologia para a CZG Digital;
8. Preparação de *layouts*.

Depois de digitalizadas as quatro CZG, foi criado um elemento único, que representasse toda a área de estudo:

1. União das quatro áreas digitalizadas num único elemento cartográfico – Mapa Global;
2. Verificação da topologia do Mapa Global;
3. Definição da simbologia;
4. Preparação de *layout* final.

Dentro dos dois grupos de tarefas acima enunciados, algumas das tarefas são repetidas. De seguida, explicam-se, sinteticamente, as metodologias para a realização de cada uma delas.

A primeira das tarefas, que exige algum conhecimento do software, é a georeferenciação de imagens *raster*. Esta operação é necessária uma vez que, imediatamente depois do *scanning*, a imagem não tem nenhum sistema de coordenadas associado.

O procedimento necessário à georeferenciação de um *raster* é enunciado no Anexo 2.

Depois de gereferenciada a imagem, o processo passa pela digitalização dos vários elementos cartográficos existentes. Para tal, e como referido anteriormente, foi criada uma *Feature Dataset* com o nome de “CartaGeotecnica”, dentro da qual houve necessidade de criar vários tipos de *Feature Classes*

¹ Topologia: Estrutura de relacionamento espacial (vizinhança, proximidade e pertinência) que se pode estabelecer entre objectos georeferenciados. Os SIGs integram e relacionam informações contidas em bancos de dados com entidades geográficas georeferenciadas em mapas digitais, utilizando a topologia de cada uma das entidades para identificá-las separadamente e correlacioná-las entre si (in Salamuni & Stellfeld, 2001).

(Figura IV.18), por forma a elaborar uma correcta e completa digitalização das cartas de Zonamento Geotécnico.

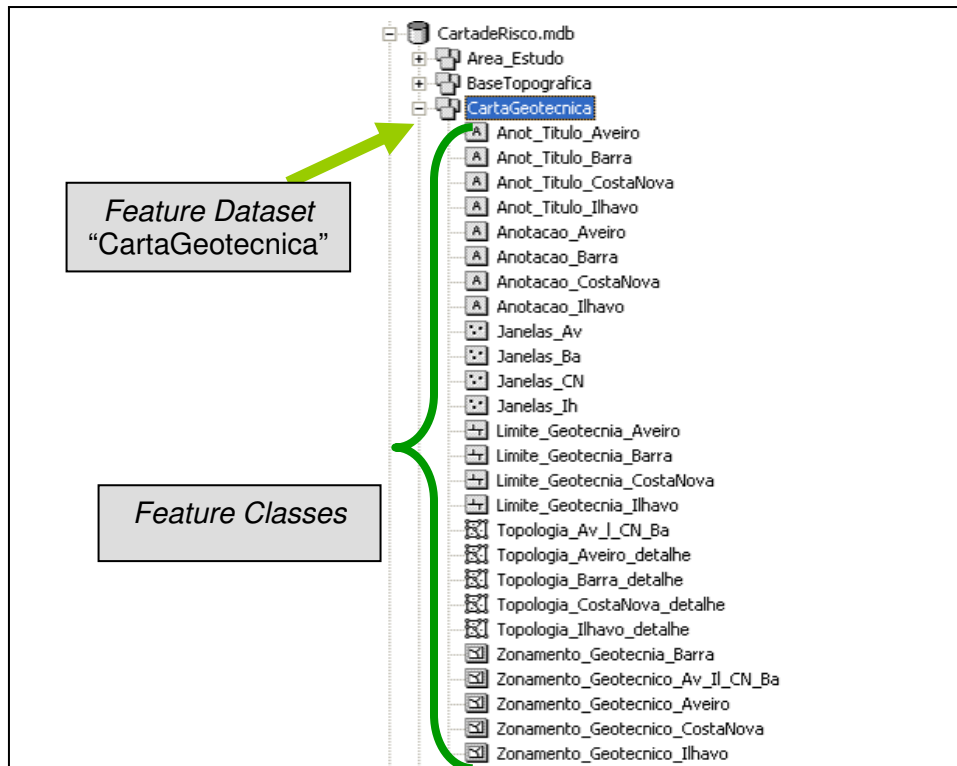


Figura IV.18: Estrutura da Base de Dados respeitante à digitalização das cartas de Zonamento Geotécnico.

No Quadro IV.9 estão indicadas as várias *Feature Classes* elaboradas, assim como a sua descrição, tipo de *Feature Class* e atributos incluídos (Figura IV.19).

Alguns aspectos particulares que foram referidos no Quadro IV.9, como as várias *Feature classes* e informação contida, assim como a identificação de atributos pré-definidos e definidos pelo utilizador.

Existem atributos pré-definidos, que existem de forma íntinseca a cada tipo de *Feature class* e cuja edição deve ser reservada exclusivamente a ferramentas da aplicação (sem intervenção do utilizador) e outros que devem ser introduzidos pelo utilizador, com o objectivo de classificar correctamente cada elemento cartográfico (Figura IV.22) .

Designação da <i>Feature Class</i>	Informação contida na <i>Feature Class</i>	Tipo de <i>Feature Class</i>	Atributos definidos pelo utilizador	Observações
Anot_titulo_xxxx (Figura IV.23)	Referência ao título, escala numérica e referência do mapa.	<i>Annotation</i>	----	----
Anotacao_xxxx (Figura IV.24)	Referência aos nomes das localidades.	<i>Annotation</i>	----	----
Janelas_xxxx (Figura IV.25)	Registo das localizações das janelas de amostragem existentes nas cartas de Zonamento Geotécnico.	<i>Point Features</i>	Unidade_Subjacente; Profundidade_da_Usb; UTM_X; UTM_Y	----
Limite_Geotecnia_xxxx (Figura IV.26)	Limita as várias unidades geotécnicas, através de um conjunto de linhas.	<i>Line Features</i>	----	----
Zonamento_Geotecnico_xxxx (Figura IV.27)	Define as áreas correspondentes a cada uma das unidades geotécnicas.	<i>Polygon Features</i>	Unidade_Geotecnica; Zona_Geotecnica	Designada Zonamento_ Geotecnia_ Barra
Topologia_xxxx_detalhe (Figura IV.28)	Verifica erros topológicos na <i>Feature Class</i> Zonamento_Geotecnico_xxxx.	<i>Topology</i>	----	----

Quadro IV.9: *Feature Classes* existentes na *Feature Dataset* “CartaGeotecnica”. Para cada uma delas indica-se a designação utilizada, a informação contida, o tipo de *Feature Class*, os atributos definidos pelo utilizador e algumas observações. A simbologia xxxx, corresponde ao nome da carta em questão (Aveiro, Barra, Costa Nova ou Ílhavo).

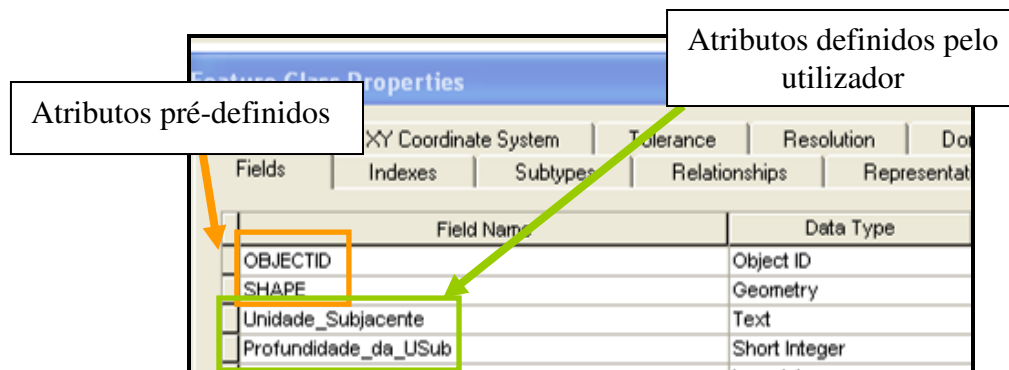


Figura IV.19: Atributos (Fields) de uma Feature Class, neste caso Janelas_xxxx, onde se apresentam os atributos pré-definidos e os que são definidos pelo utilizador.

Quanto às diferentes *Feature Classes* importa mostrar-se de seguida o aspecto gráfico de cada uma delas. No caso da *Feature Class* “Anot_titulo_xxxx”, a informação referente ao título e à referência do mapa (de acordo com Gomes, 1992), enquanto em baixo se coloca a escala numérica (Figura IV.20).

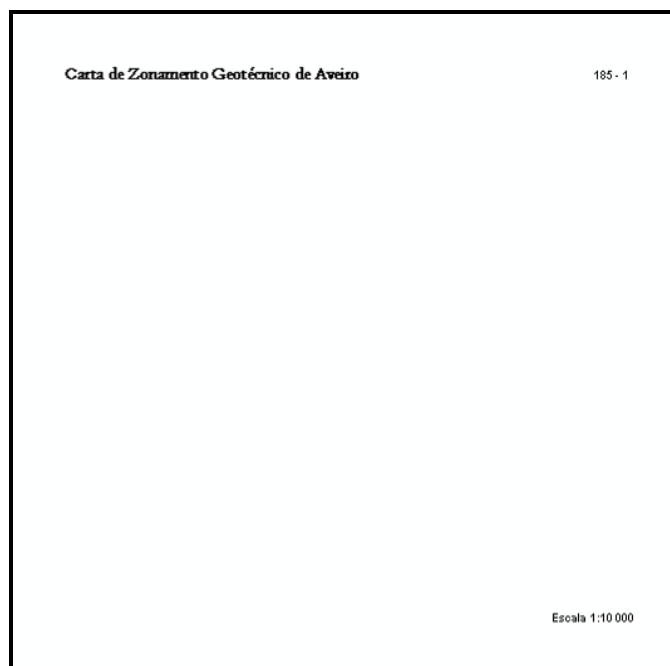


Figura IV.20: Exemplo gráfico de uma Feature Class “Anot_titulo_xxxx”.

Na *Feature Class* “Anotacao_xxxx” são identificados os nomes das localidades, cursos de água e pontos de interesse. O seu aspecto gráfico está representado nas Figuras IV.21 e IV.22.

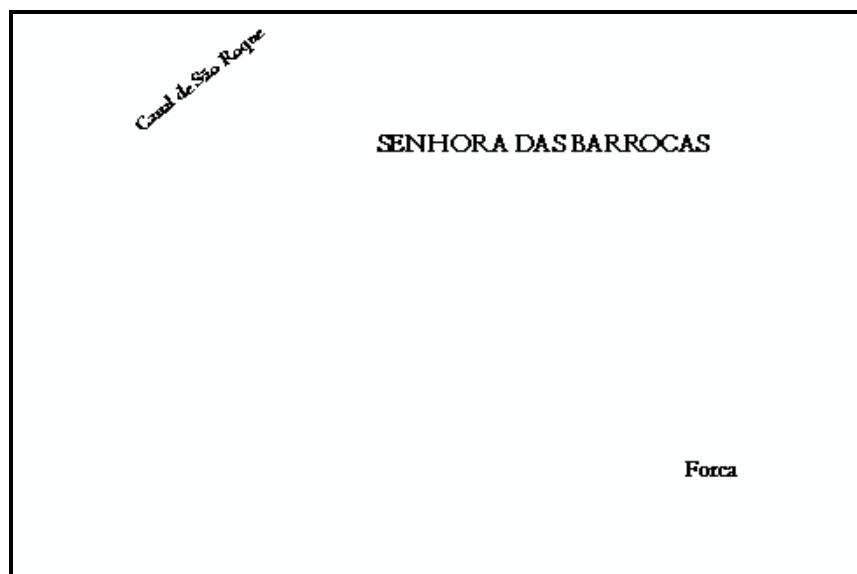


Figura IV.21: Exemplo gráfico de uma Feature Class Anotacao_XXXX.



Figura IV.22: Aspecto particular dos elementos da Feature Class Anotacao_Aveiro.

Os parâmetros utilizados para a construção das Feature Classes do tipo anotação foram os indicados no Quadro IV.10. Estes elementos cartográficos são de extrema importância não só como um nível de dados próprio, como na qualidade da cartografia produzida.

<i>Feature Class</i>	<i>Características</i>
<i>Anot_titulo_xxxx</i>	<i>Título : 50, Bold, centrado, Centaur</i> <i>Referência do Mapa: 30, Bold, centrado, Arial</i> <i>Escala numérica: 30, Bold, centrado, Arial</i>
<i>Anotacao_xxxx.</i>	<i>Localidades: 18, Bold, centrado, Centaur;</i> <i><u>Cursos de água</u>: Variável. Depende da expressão da massa de água.</i> <i><u>Locais importantes (mais salientados no mapa original)</u>:</i> <i>20, Capslock, Bold, centrado, Centaur</i>

Quadro IV.10: Parâmetros adoptados para as Feature Classes do tipo anotação.

Relativamente à *Feature Class* “Janelas_xxxx” apenas são representados pontos, que dizem respeito aos locais onde há amostragem de sub-superfície (Figura IV.23).

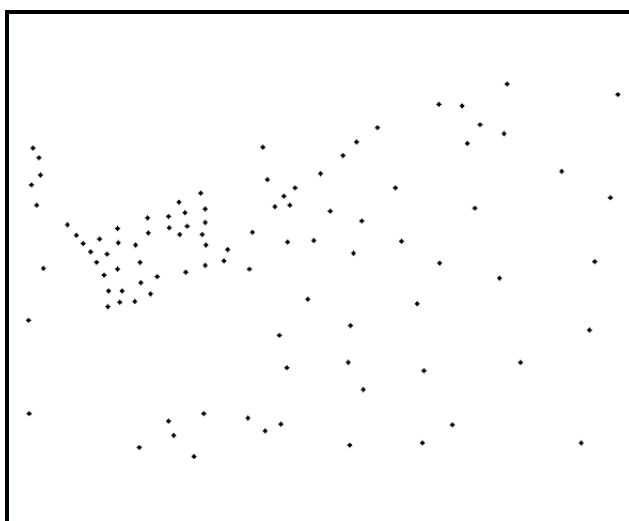


Figura IV.23: Exemplo gráfico de uma *Feature Class* Janelas_xxxx, em que os pontos representam as localizações dos pontos correspondentes às janelas de amostragem nas CZG.

Antes de elaborar o mapa com os polígonos correspondentes às unidades geotécnicas, fez-se a vectorização dos limites na *Feature Class* “Limite_Geotecnia_xxxx”. A *Feature Class* “Zonamento_Geotecnico_xxxx”,

porque se trata de uma conversão de contornos de áreas em áreas, não é visivelmente diferente da *Feature Class* “Limite_Geotecnia_xxxx” (Figura IV.24)

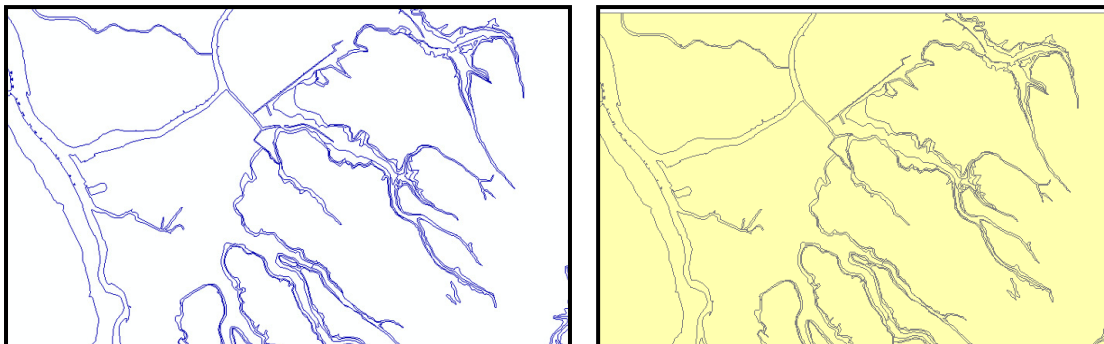


Figura IV.24: Exemplo gráfico da *Feature Class* Limite_Geotecnia_Aveiro (à esq.) e da *Feature Class* Zonamento_Geotecnico_Aveiro (à dir.). Visualmente, não há diferenças entre as duas imagens, apesar de uma ser definida com base em linhas (esq.) e a outra com base em áreas (dir.).

De seguida explica-se a metodologia utilizada no desenvolvimento de cada uma das *Feature Classes* e indicam-se os parâmetros utilizados. A ordem pela qual as *Feature Classes* serão explicadas reflecte a ordem pela qual se foram elaborando com o decorrer do trabalho.

Com o objectivo de definir os polígonos correspondentes às unidades geotécnicas foram propostas duas metodologias, mas apenas uma delas se mostrou satisfatória.

O primeiro método utilizado na digitalização da carta de Zonamento Geotécnico, baseou-se na digitalização de todos os polígonos, utilizando para tal uma ferramenta de construção de áreas/polígonos numa *Feature Class* de polígonos. O inconveniente deste método é a duplicação das fronteiras entre polígonos, uma vez as áreas adjacentes partilham um limite que obrigatoriamente vai estar definido duplamente. Para além deste inconveniente, é dos dois métodos propostos, o mais moroso pelo que foi abandonado. Na realidade a digitalização da carta de Zonamento Geotécnico da Barra foi inicialmente realizada por este método, mas teve que ser digitalizada novamente pelo segundo método uma vez que na fase de validação da Topologia se detectavam imensos erros topológicos.

O método adoptado foi, então, o “método das linhas”, ou seja o da vectorização dos polígonos feita por meio de linhas, que posteriormente foram convertidas para polígonos. A metodologia utilizada é descrita de seguida:

1. Criação de uma *Feature Class* de linhas “Limite_Geotecnia_xxxx”, onde se armazenaram todas as linhas limítrofes das unidade geotécnicas. Reduz-se assim o erro, ao “picar” cada fronteira apenas uma vez;
2. Activar *Snapping*, para os vértices dos polígonos;
3. Vectorização das linhas. A primeira linha que se define é a quadrícula exterior porque assim criamos uma linha envolvente e um limite a todas as linhas que forem definidas internamente. Ao marcar a linha envolvente, assim como com qualquer outra “picagem” de linha, é sempre necessário marcar os pontos de transição de unidades para que todas as linhas se unam correctamente, garantindo desta forma que ao converter as linhas para polígonos não ocorrem falhas na união. Para garantir a união das diferentes linhas é muito importante que o *snapping* esteja a funcionar.

Depois de definidas todas as fronteiras dos polígonos, foi necessário transformar os contornos em áreas. A metodologia adoptada incluiu os passos seguintes:

1. No ArcCatalog, criar uma *Feature Class* “Zonamento_Geotecnico_xxxx” dentro da *Feature Dataset* “CartaGeotecnica”;
2. “New” > “Polygon Feature Classes from lines” (Figura IV.25);

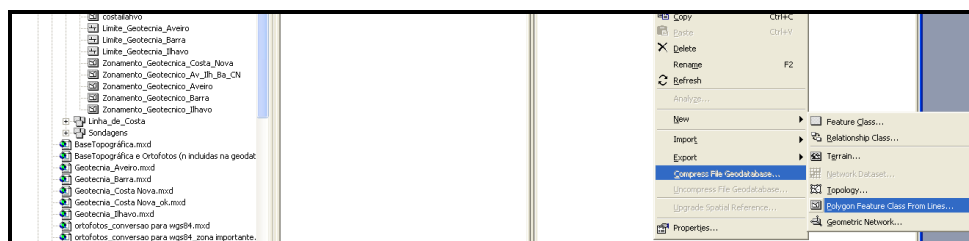


Figura IV.25: Imagem explicativa de como criar uma *Feature Class* de polígonos a partir de uma *Feature Class* de linhas.

3. No painel da Figura IV.26 é necessário definir em primeiro lugar qual a *Feature Class* de linhas que pretendemos converter em polígonos e, posteriormente, definir o nome de saída para a *Feature Class* a ser criada.

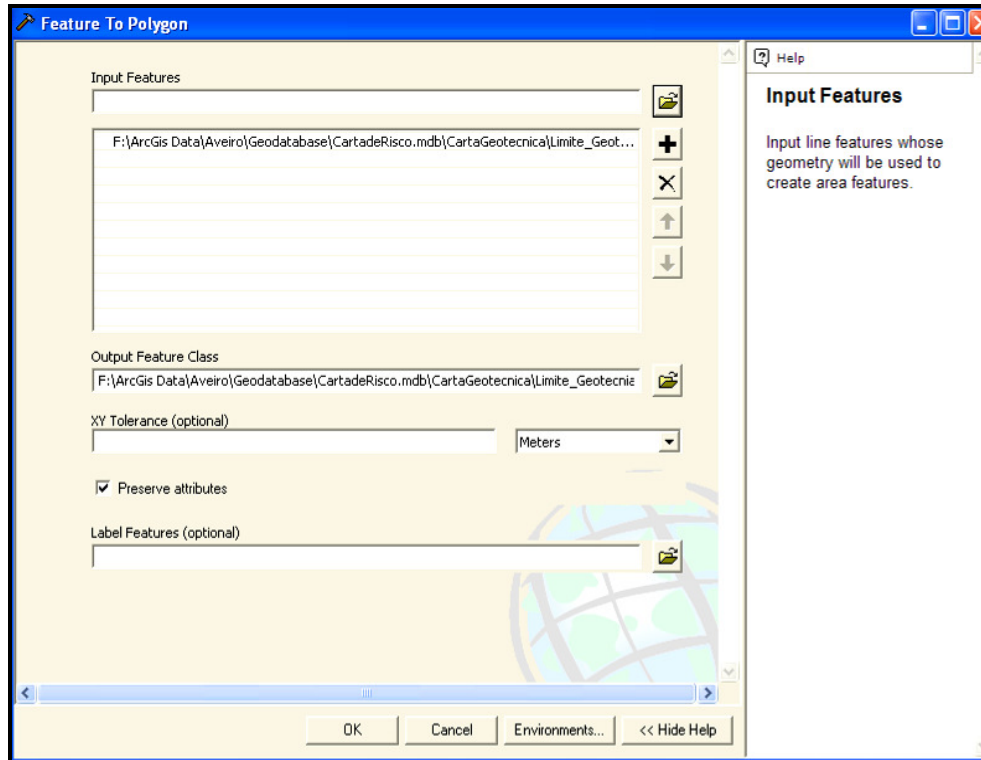


Figura IV.26: Painel da operação Polygon Feature Classes from lines.

4. Depois de criada a *Feature Class* “Zonamento_Geotecnico_xxxx”, é necessário manipular os seus atributos. Cada um dos polígonos existentes deve ter associado a informação relativa à unidade e à zona geotécnica que lhe corresponde. Neste sentido, foram criados dois atributos: “Unidade_Geotecnica” (tipo texto; *length* =1, uma vez que as zonas geotecnicas são definidas por uma letra de A a H) e “Zona_Geotecnica” (tipo texto; *length* =2, uma vez que a designação simplificada de cada unidade tem quase sempre duas letras);
5. Deve-se então percorrer todos os polígonos individualmente e identificar qual a unidade e zona geotécnica respeitante.

Obs. Em muitos dos casos não foi possível identificar a distinção entre areias lodosas (al) e lodos (l), uma vez que a simbologia é muito semelhante e a linha que individualiza os dois domínios muitas vezes não existe (Figura IV.27).

Desta forma, optou-se por adoptar a notação de CAL para as duas unidades, abandonando a identificação individual al e l.

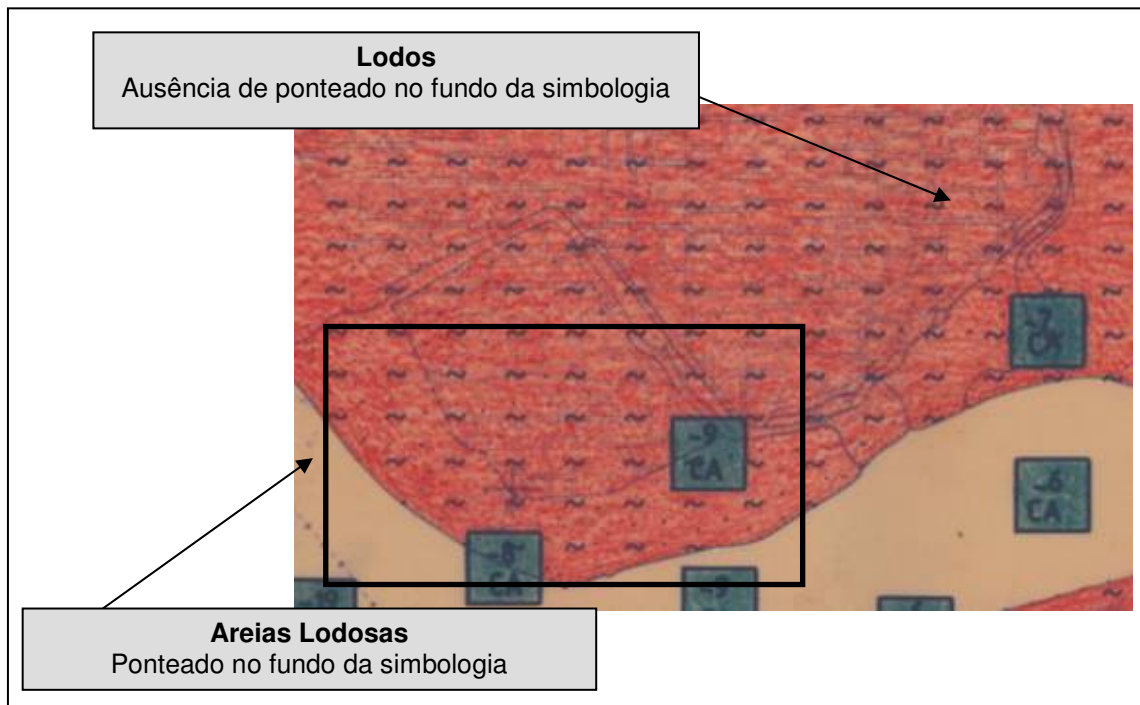


Figura IV.27: Exemplo de uma Carta de Zonamento Geotécnico onde é muito difícil distinguir as duas unidades geotécnicas (areias lodosas e lodos).

Depois de finalizada a atribuição das características a cada polígono é necessário proceder à correcção dos erros topológicos, ou seja erros decorrentes das relações espaciais entre os vários elementos, neste caso os vários polígonos.

A análise da topologia passa pela criação de um ficheiro, no qual se definem as regras topológicas que as relações entre os elementos vectoriais não devem quebrar. A metodologia utilizada foi a seguinte:

1. No ArcCatalog, criou-se um ficheiro de topologia, dentro da Feature Dataset Carta Geotecnica (Figura IV.28);

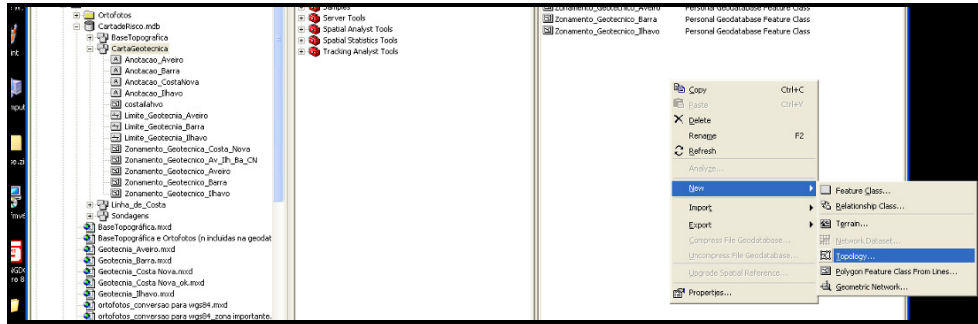


Figura IV.28: Imagem explicativa de como criar uma classe de topologia.

2. Definiu-se o nome para o ficheiro de saída, que deve ser "Topologia_xxxx" e a tolerância como 1 m;
3. Escolheu-se a *Feature Class* relativamente à qual se pretendia verificar a topologia (Figura IV.29);

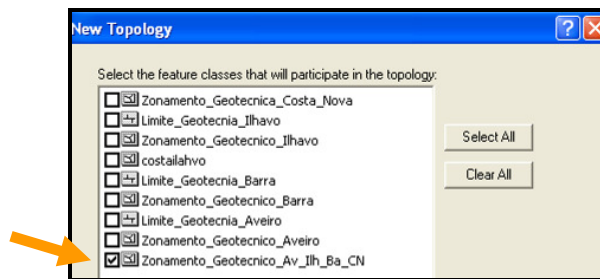


Figura IV.29: Painel da topologia.

4. Definiram-se as regras topológicas. As regras utilizadas foram "must not have gaps" e "must not overlap";
5. Validou-se a Topologia, *clicando* "Yes" no quadro respectivo;
6. O ficheiro de topologia foi criado, pelo que basta abrir o projecto em que se esta a trabalhar e adicionar o ficheiro de topologia. Os erros aparecem já identificados a vermelho;
7. Depois de identificados os erros, é necessário corrigi-los, ligando o *Editor* e "clicando" em "Start editing";
8. Verificação de toda a área de trabalho clicando no ícone "Validate entire topology". De foi necessário abrir o "Error inspector", a partir do qual se podem identificar os vários erros e fazer zoom para a zona do mapa onde estes se encontram (Figura IV.30);



Figura IV.30: A barra de ferramentas da Topologia.

A melhor forma de corrigir erros, é usando o *clip*. Se há uma falha entre dois polígonos então basta seleccionar um dos polígonos (polígono A) e alargar uma das fronteiras para cima do polígono adjacente, polígono B. Depois basta seleccionar o polígono B, que mantém as fronteiras iniciais e seleccionar *clip* com um buffer de zero. Ai as duas fronteiras ficam iguais e em correcta adjacência.

Também se podem manipular os polígonos movimentando os pontos das fronteiras. Caso haja sobreposição de polígonos, basta escolher *clip*, seleccionando o polígono cuja fronteira é a correcta. Este procedimento deve ser repetido até que não hajam mais erros;

9. Refez-se a análise da Topologia com uma precisão de 0.2 m, criando ficheiros "Topologia_xxxx_detalhe".

Com o objectivo de que o produto final fosse o mais coerente possível com o trabalho original de Gomes (1992), foram utilizadas as mesmas cores e a simbologia escolhida procurou ser a mais semelhante possível.

A informação referente ao tipo de unidade e ao tipo de zona foi incluída como dois atributos da uma única *Feature Class*, que tiveram que ser combinados para a produção da simbologia.

Na Figura IV.31 expõe-se o painel disponível para a escolha das várias simbologias.

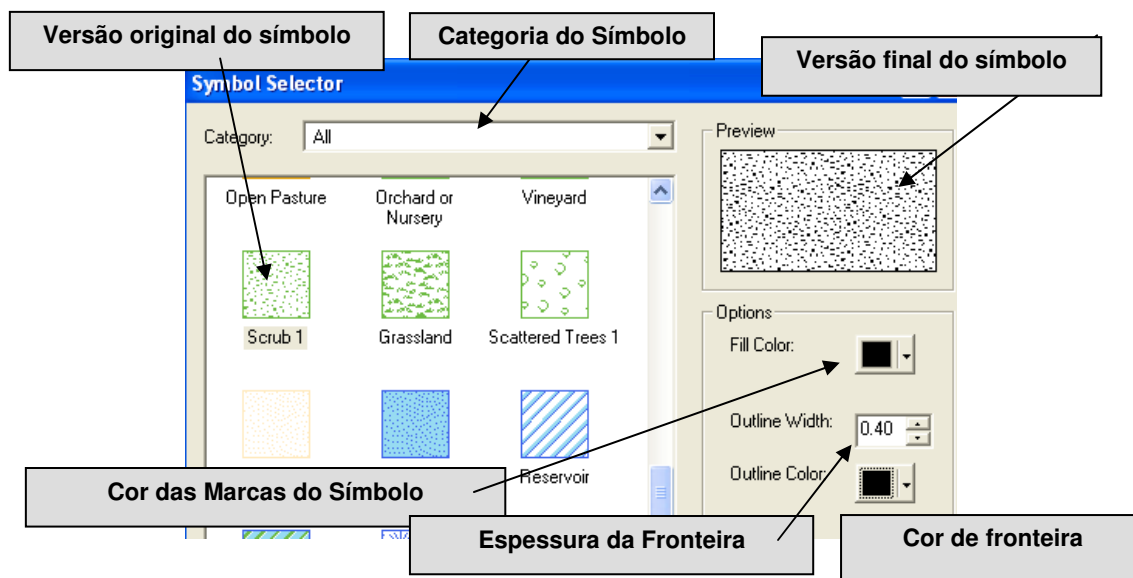


Figura IV.31: Painel de selecção da simbologia no ArcMap.

As zonas geotécnicas estão classificadas com 8 cores diferentes, definidas com letras de A a H. Contudo nas quatro cartas digitalizadas as zonas D e A não estão representadas, pelo que foram adoptadas apenas 6 cores (Figura IV.32)

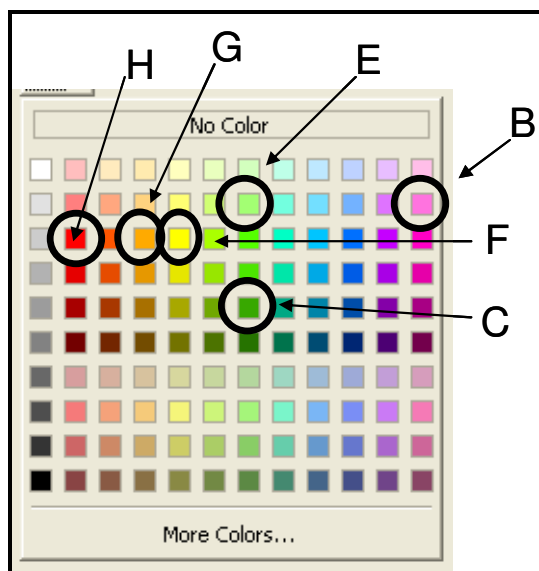
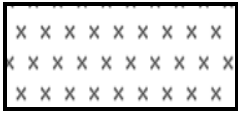


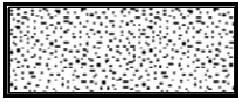
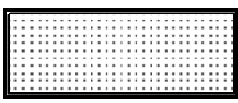

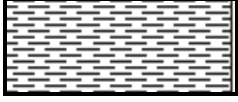
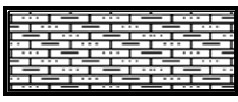




Figura IV.32: Painel de selecção das cores no ArcMap.

No Quadro IV.11 identificam-se as várias simbologias adoptadas para as unidades geotécnicas e o seu código no software ArcGis, da ESRI.

Unidades Geotécnicas	Simbologia utilizada	Categoria do símbolo	Código do símbolo
Aterros		Geology 24K	712 Crystal Tuff
Aluviões Fluviais		Forestry	423 Rice
Complexo Aluvionar Lodoso		Forestry	Scrub 2
Areias de praia		ESRI (all)	Scrub 1
Areias dunares		ESRI (all)	105 Ordered Stipple
Terraços de Praias Antigas		Geology 24K	731 Vitrophyre
Terraços Fluviais antigos	-----	----	-----
Complexo silto-argiloso	-----	-----	-----
“Argilas de Aveiro”		Geology 24K	620 Clay or Clay Shale
Complexo Argilo-Arenoso		Geology 24K	637 Silty Limestone
Complexo Arenoso-siltoso	-----	----	-----
Arenitos	-----	-----	-----
Xistos	-----	-----	-----

Quadro IV.11 : Simbologia ArcGis – ESRI utilizada para as Unidades Geotécnicas.

Outras cores utilizadas reflectem situações particulares, como se observa no Quadro IV.12.

Objecto	Referência nos atributos	Simbologia
Massa de Água	Unidade_Geotecnica: w Zona_Geotecnica: w	
Zonas não caracterizadas	Unidade_Geotecnica: Nd Zona_Geotecnica: N	

Quadro IV.12: Situações particulares e sua simbologia.

Relativamente à *Feature Class* “Janelas_xxxx”, será explicada a metodologia utilizada na sua criação, durante o sub-capítulo seguinte.

As cartas de Zonamento Geotécnico digitalizadas de Aveiro, Barra, Costa Nova e Ílhavo foram reunidas por forma a elaborar um único elemento cartográfico. A metodologia utilizada foi a seguinte:

1. No *ArcCatalog* abriu-se o *ArcToolbox*. Seleccionou-se a ferramenta “Data Management tools” > “General” > “Merge” (Figura IV. 33);

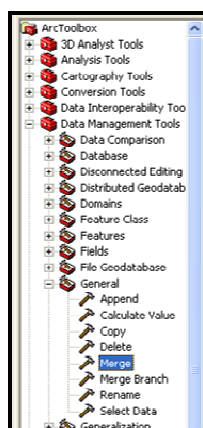


Figura IV.33: Localização da ferramenta Merge no ArcToolbox.

2. Definiram-se os parâmetros solicitados no quadro que aparece escolhendo as *Feature Classes* que se pretendem integrar, e o nome e directório relativos ao ficheiro de output;

3. Edição da Feature class criada – “Zonamento_Geotecnico_Av_II_CN_Ba”.
A imagem final produzida mantém os limites das quatro cartas de Zonamento Geotécnico iniciais (Figura IV.34), pelo que é necessário editar os polígonos no ArcMap. Utilizando a mesma metodologia referida para a correcção da topologia, os polígonos adjacentes foram unidos e os limites entre as unidades, nas passagens de umas cartas para outras, tornaram-se coerentes;

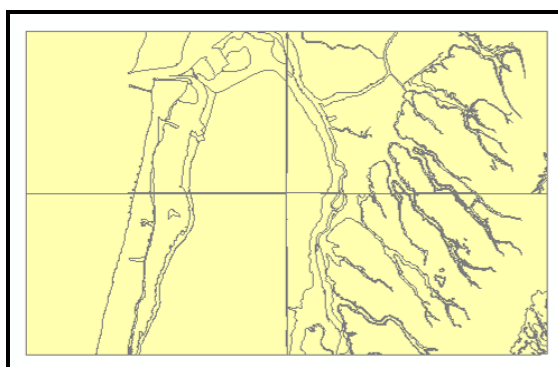


Figura IV.34: Mapa final resultante do Merge ainda com os limites entre as diferentes cartas de Zonamento Geotécnico singulares.

4. Criou-se um ficheiro de topologia, com precisão de 0.2m, para verificar os erros topológicos e corrigi-los;
5. O produto final é a carta da Figura IV.35.

IV.2.3.2 Classificação Geológica Simplificada

A carta geotécnica elaborada por Gomes (1992) teve por base o reconhecimento geológico da região e este autor apresenta para as diferentes unidades geotécnicas reconhecidas a correspondência com as unidades geológicas definidas por Teixeira e Zbyszewski (1976) (Quadro IV.5). No sentido de apresentar uma classificação geológica simplificada das unidades geotécnicas definidas por Gomes (1992) foi incluído um novo atributo “unidade geológica” na *Feature Class* “Zonamento_Geotecnico_Av_II_CN_Ba”.

O produto final é a carta da Figura IV.36.

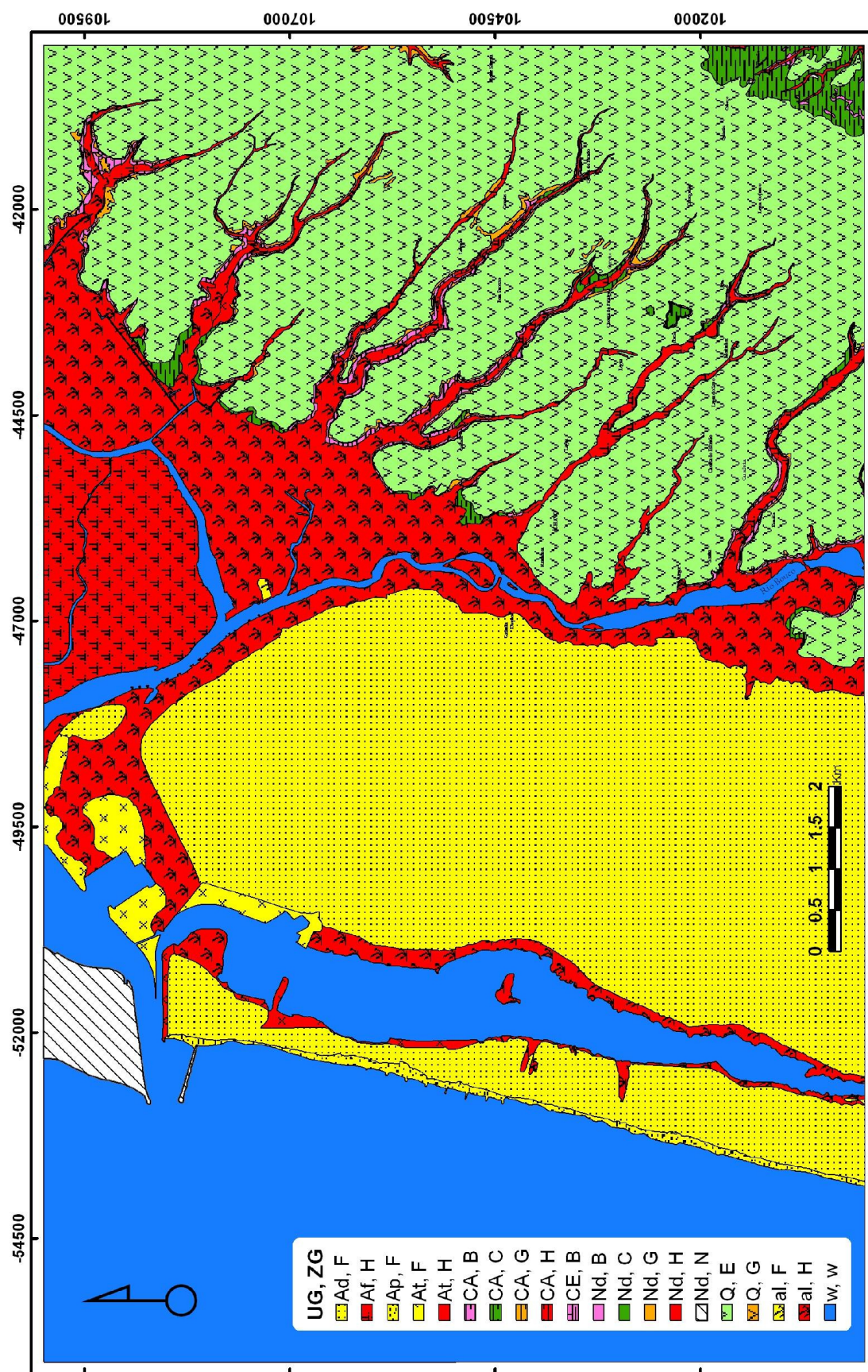


Figura IV. 35: Mapa de Zonamento Geotécnico de parte da Região de Aveiro. Produzido utilizando a Base de Dados desenvolvida neste trabalho.

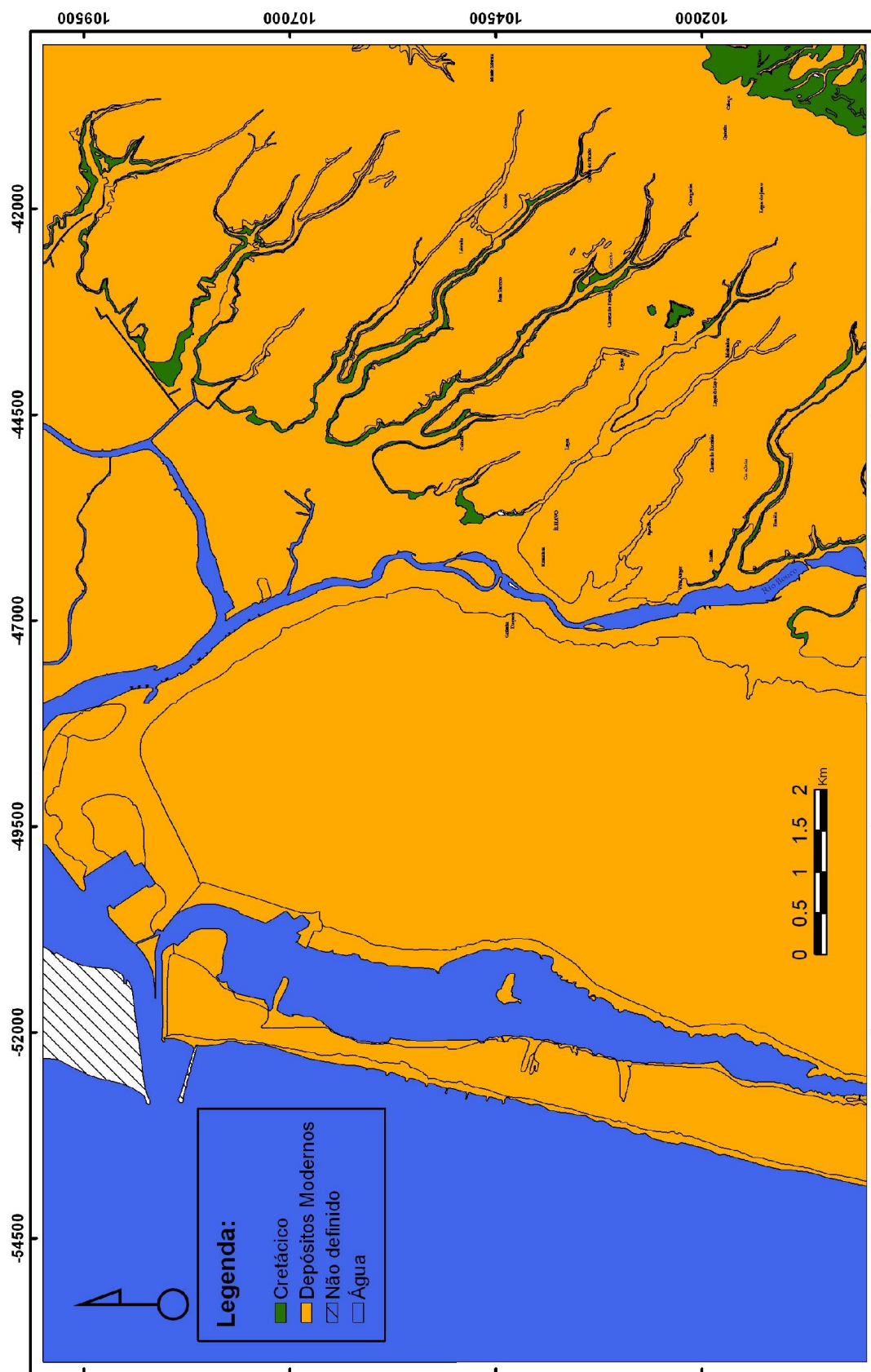


Figura IV.36: Mapa Geológico simplificado de parte da Região de Aveiro. Produzido utilizando a Base de Dados desenvolvida neste trabalho.

IV.2.3.3 Cartografia dos Registos de Sondagens e Amostragem de Sub-superfície

Os objectivos da compilação dos registos de sondagens geotécnicas e hidrogeológicas foram o mapeamento dos locais de sondagens, como locais importantes para o reconhecimento directo da geologia do subsolo, nomeadamente através dos relatórios dos furos, assim como elaborar um superfície tridimensional que representasse o topo da formação das Argilas do Cretácico em Aveiro (capítulo II).

Como referido no sub-capítulo V.2.1.2 a compilação em ArcGis foi feita a partir de duas fontes. Parte dos dados, são provenientes da compilação de dados de T. Melo, V. Magalhaes e H. Duarte (comunicação pessoal) que foi adaptada para este trabalho, simplificando o número de atributos, para o que foi constituído um ficheiro Excel designado “Sondagens_Melo_Magalhaes_Duarte.xls”. Para a preparação da *Feature Class* “Sondagens_compilacao” foi utilizada a metodologia definida no Anexo 3.

A segunda fonte para os dados de amostragem (amostragem de sub-superfície) proveio de elementos existentes na CZG. As CZG apresentam a particularidade de apresentarem janelas de amostragem, onde se indica qual a cota a que se encontra a formação geológica subjacente.

Uma vez que as localizações das amostragens realizadas nesses pontos não são incluídas na tese de Gomes (1992), foi necessário recorrer a uma alternativa gráfica. Para tal, utilizaram-se os projectos ArcMap desenvolvidos para a digitalização das várias unidades geotécnicas em cada área, tendo sido criadas *Feature Classes* de pontos, específicas para a inclusão da localização das janelas de amostragem para cada uma das zonas em estudo (Barra, Costa Nova, Ilhavo e Aveiro) (Figura IV.37).

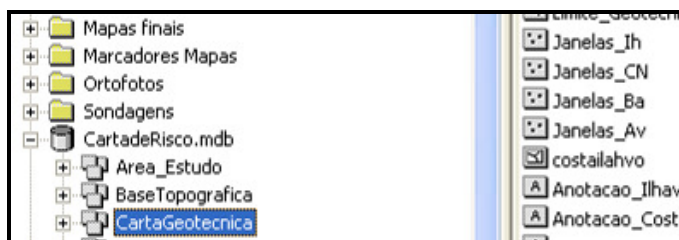


Figura IV.37: *Feature Classes* criadas para “picagem” das janelas de amostragem.

As *Feature Classes* criadas têm, para além dos atributos predefinidos, dois atributos extra: a) Unidade_Subjacente e b) Profundidade_da_Usub.

As três unidades identificadas nas janelas de amostragem da CZG são CE, CA e CAL. Como as janelas de amostragem que identificam a unidade geotécnica CAL são pouco significativas, não foram incluídas na *Feature Class*.

As 4 *Feature Classes* com informação da amostragem de sub-superfície foram unidas, através da funcionalidade *merge*, e a *Feature Class* final foi designada a que se deu o nome de “Sondagens_ZGeo_Av_II_Ba_CN”.

A última operação passou por unir as duas *Feature Classes* (“Sondagens_ZGeo_Av_II_Ba_CN” e “Sondagens _compilacao”) com a função *merge*, num ficheiro único designado “Sondagens_BDGA” (em que BDGA significa Base de Dados GeoAmbiental) (Figura IV.38).

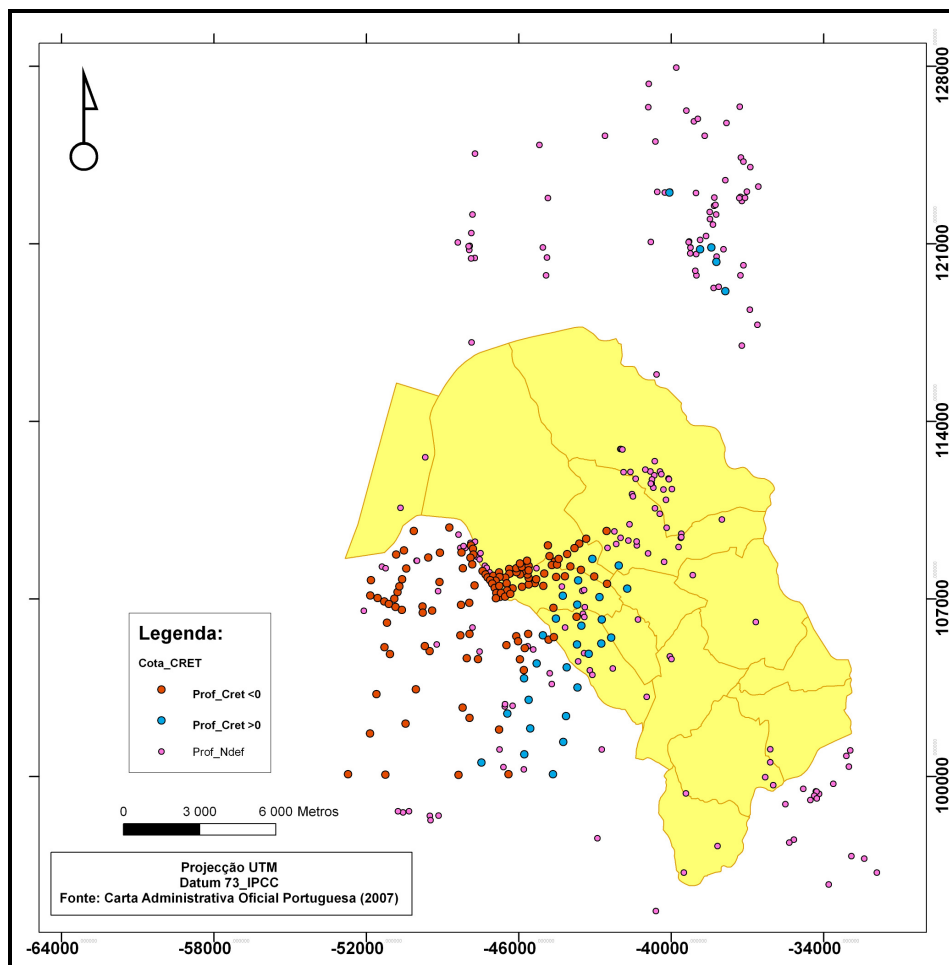


Figura IV.38: Cartografia de sondagens geológicas e hidrogeológicas para a Região de Aveiro. Produzido utilizando a *Feature Class* “Sondagens_BDGA” desenvolvida.

Com o objectivo de avaliar a forma como varia a cota a que se encontra a formação das Argilas do Cretácico, foi criado um novo atributo na *Feature Class* “Sondagens_BDGA”, designado “Cota_CRET_Conjunto”, calculado pela soma dos atributos Cret_VH e Profundidade_da_Usub. Os pontos de sondagem que não registam as formações do Cretácico, foram identificados com o valor “<Null>” relativamente a este atributo.

A simbologia adoptada na representação deste mapa foi a seguinte: a) sondagens em que a formação das Argilas do Cretácico está a cotas negativas estão identificadas com um simbolo laranja, as que se encontram a cotas positivas aparecem com cor azul e as que não registam esta formação geológica estão identificadas a lilás.

IV.2.3.4 Elaboração de Modelos 3D

Neste trabalho para além da diversa informação bidimensional incluída e da construção da Base de Dados Geoambiental SIG, foram desenvolvidos dois modelos tridimensionais.

Relativamente às imagens 2D, os modelos 3D, apresentam a vantagem de permitirem a visualização mais fácil.

A realização modelos 3D, foi possível graças a uma das extensões disponível no ArcView /ArcGis 9.2 utilizado, ArcGIS 3D *Analyst*, que adiciona ao ArcGIS funcionalidades para a criação, visualização e análise de superfícies a 3 dimensões. Contém duas aplicações, ArcScene e o ArcGlobe, para uma perspectiva global de grandes volumes de dados com alta performance, como é o caso dos dados referentes à carta de Zonamento Geotécnico Digital e à Ortofotocartografia.

Para a realização de um modelo 3D, é necessário existirem dados relativos a uma coordenada Z (cota). Relativamente à ortofocartografia e à CZG digital, o que se verificou foi que se tratava de informação apenas com duas dimensões. A solução passou por incluir na aplicação ArcScene, para além dessa informação

2D, um modelo digital do terreno que pudesse servir de base a essa modelação tridimensional.

Uma vez que seria muito dispendioso a aquisição de um modelo tridimensional do Município, foi produzido a partir dos dados cartográficos disponíveis. A metodologia convencional para gerar o Modelo Digital de Elevação (MDT) é a utilização de uma rede Triangular Irregular Network (TIN). Ela é composta pelos pontos originais, ligados três a três, formando triângulos irregulares, porém, com propriedades matemáticas bem definidas sem, no entanto, fazer uma análise estatística dos dados (Cerqueira *et al.*, 2005). Recorrendo à Feature Class “Altimetria_PontosCotados”, onde estão disponíveis 5958 pontos foi um gerado um tin referente ao Município de Aveiro (Figura IV.39).

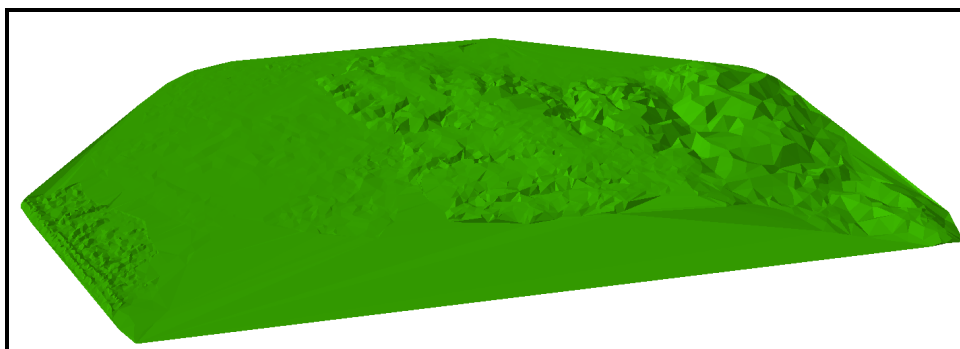


Figura IV.39: Tin criado para o Município de Aveiro a partir da Feature Class “Altimetria_PontosCotados”.

Os pontos considerados para a elaboração deste modelo digital de terreno encontram-se desigualmente dispersos pela área correspondente ao Município, como se observa na Figura IV.40. A maior densidade de pontos verifica-se na freguesia de São Jacinto, enquanto que o extremo SE do Município é o que apresenta uma menor densidade de pontos.

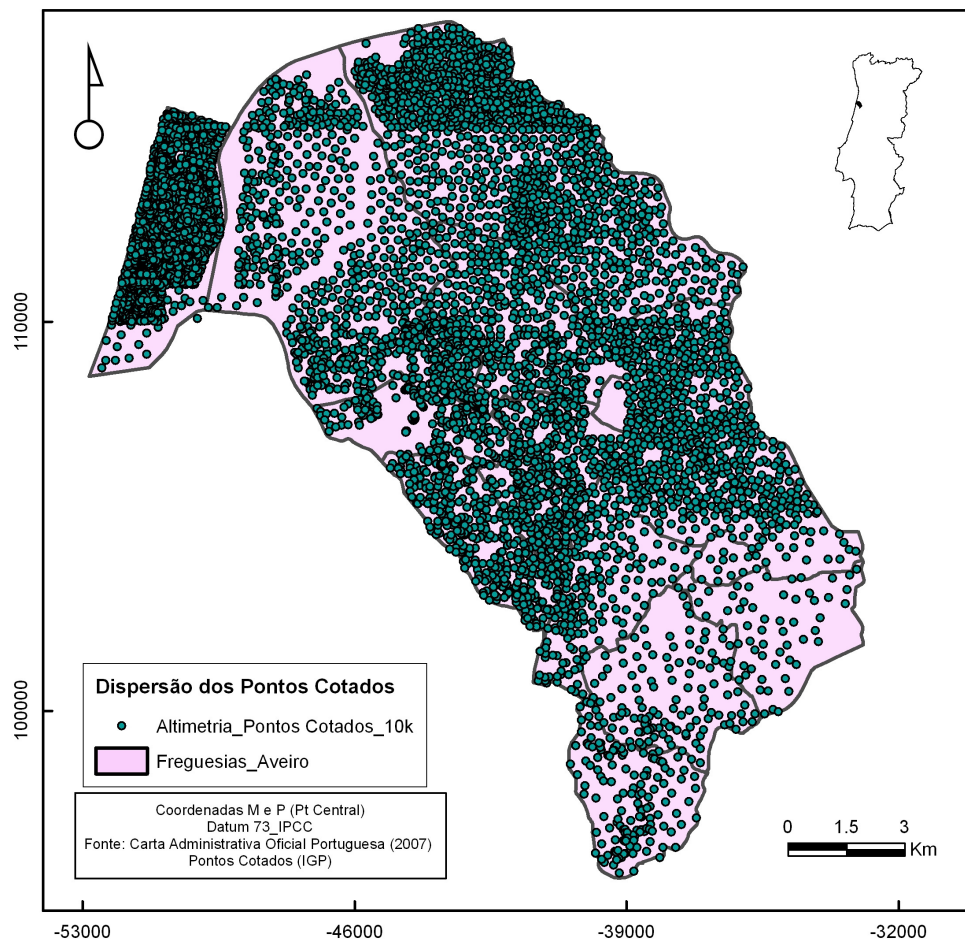


Figura IV.40: Dispersão dos Pontos Cotados, onde se verifica uma distribuição não homogênea.

Foram criados dois projectos no ArcScene, um para a criação do modelo 3D da Ortofotocartografia e outro para a CZG digital, em que se assumira as cotas do *tin* para a informação 2D. Os modelos 3D construídos estão representados segundo várias perspectivas nas figuras IV.41 até IV.46.

O modelo 3D da carta de Zonamento Geotécnico Digital não representa toda a carta produzida, uma vez que o modelo digital produzido apenas inclui a área correspondente ao Município de Aveiro, enquanto a CZG digital abrange, para além da zona citadina de Aveiro, as zonas de Ílhavo, Barra e Costa Nova.

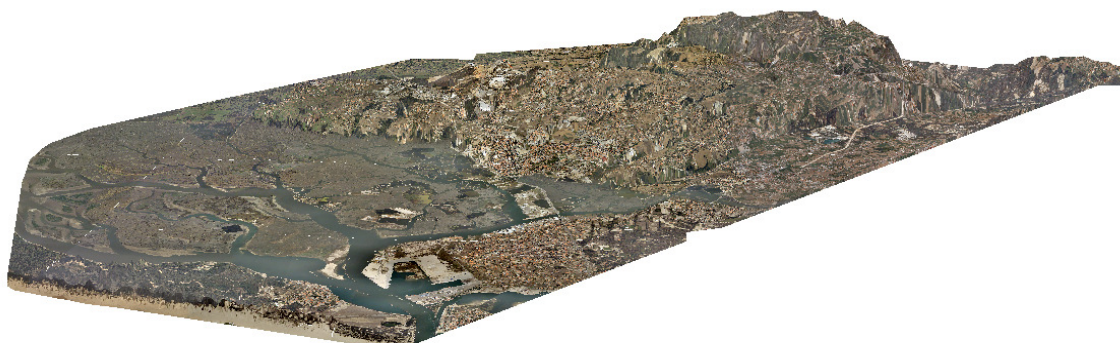


Figura IV.41: Perspectiva do modelo 3D do Município de Aveiro, com a representação da ortofotocartografia do IGP, disponibilizada pela CMA.

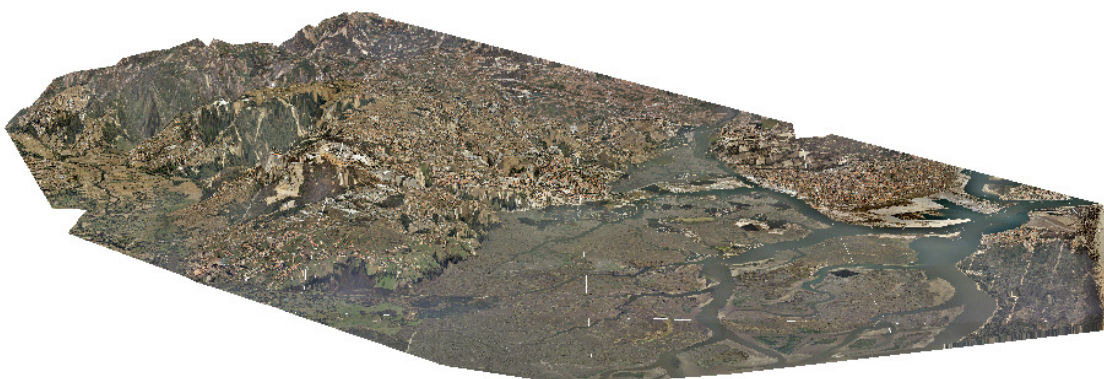


Figura IV.42: Perspectiva do modelo 3D do Município de Aveiro, com a representação da ortofotocartografia do IGP, disponibilizada pela CMA.

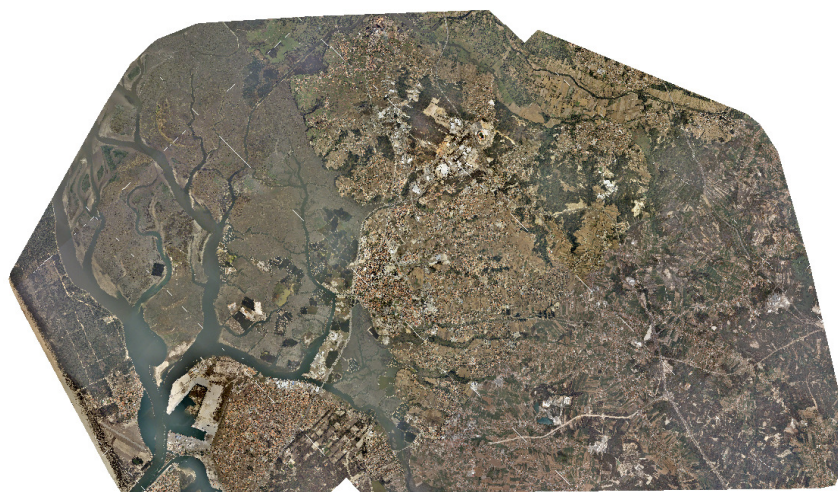


Figura IV.43: Perspectiva do modelo 3D do Município de Aveiro, com a representação da ortofotocartografia do IGP, disponibilizada pela CMA.

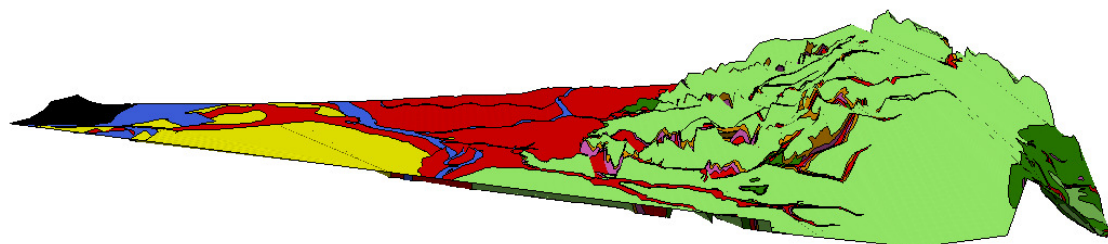


Figura IV.44: Perspectiva do modelo 3D do Município de Aveiro, com a representação da carta de Zonamento Geotécnico Digital desenvolvida no âmbito deste trabalho. As cores indicam as zonas geotécnicas de acordo com o Quadro IV.5: (a) a verde, as zonas com melhores características geotécnicas, favoráveis ao planeamento urbano e suburbano da região de Aveiro; (b) a vermelho, as zonas com piores características geotécnicas, associadas a zonas de inundações e instabilidade e, (c) a amarelo, zonas com características intermédias entre as situações (a) e (b).

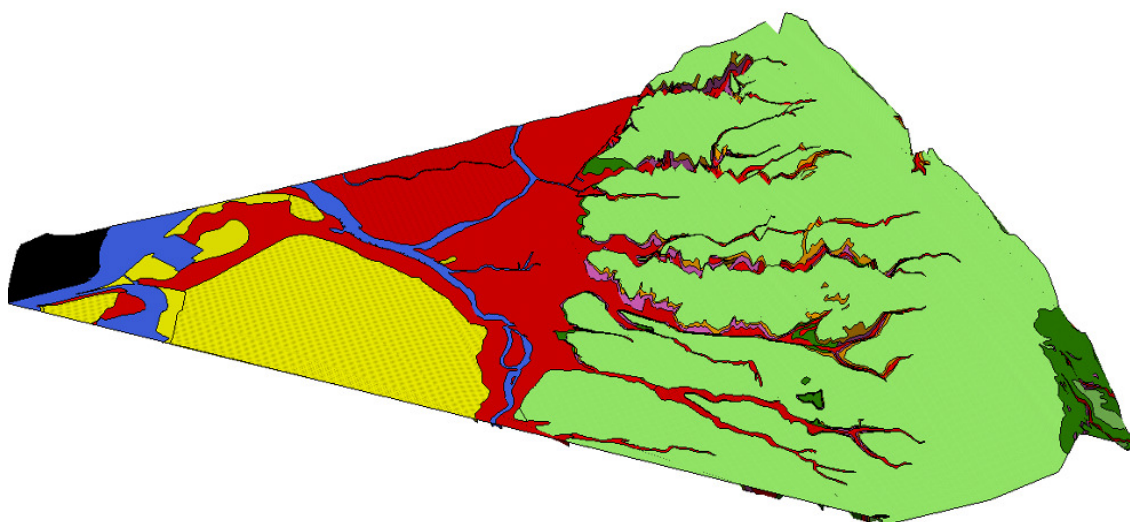


Figura IV.45: Perspectiva do modelo 3D do Município de Aveiro, com a representação da carta de Zonamento Geotécnico Digital desenvolvida no âmbito deste trabalho.

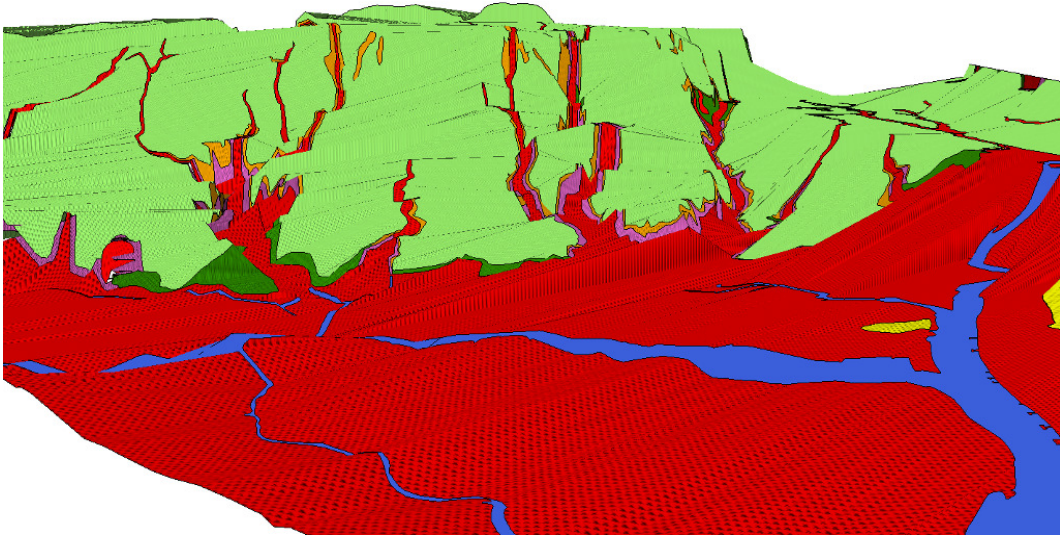


Figura IV.46: Perspectiva do modelo 3D do Município de Aveiro, com a representação da carta de Zonamento Geotécnico Digital desenvolvida no âmbito deste trabalho.

IV.2.3.5 Mapas de Sensibilidade Ambiental

A elaboração e inclusão de um mapa de Índices de Sensibilidade Ambiental corresponde a outro dos elementos disponíveis na Base de Dados desenvolvida. Contudo, pelo facto de se tratar de um elemento cartográfico, que retrata uma metodologia inovadora e importante, no que respeita à gestão costeira em caso de derrame petrolífero, e pelo facto de ter implicado saídas de campo para observação *in situ*, e compilação de registos fotográficos e vídeo, esta temática será tratada no capítulo VI.

Capítulo V. Os fenómenos Naturais e Tecnológicos como Factores de Risco na Ocupação Humana da Região de Aveiro

O impacto dos riscos naturais e tecnológicos no Planeta Terra e na sociedade humana são uma realidade (Tavares, 2007). A harmonia entre o ambiente social e o ambiente natural parece estar comprometida e, fenómenos de ordem tecnológica e natural parecem estar na base desse desequilíbrio.

O território aveirense pode ser potencialmente afectado por uma série de factores de risco, associados a fenómenos, quer naturais, quer tecnológicos, como cheias, secas, sismos e tsunamis, erosão costeira e derrames petrolíferos.

Neste capítulo, pretende-se evidenciar os fenómenos naturais e tecnológicos que atingem a Região de Aveiro, fazendo uma descrição detalhada de cada fenómeno potencial de risco, assim como mostrar a aplicação da ferramenta SIG para apoio à gestão do risco desenvolvida neste trabalho. Sempre que possível, será elaborado um esquema gráfico, para classificação de cada uma das 14 freguesias, face ao fenómeno em questão.

Será dado particular ênfase ao risco sísmico, apresentando-se uma breve reflexão sobre o impacto do sismo e tsunami de 1755, que atingiram as freguesias de Aveiro e analisando as possíveis consequências para a região da ocorrência de um potencial novo sismo com características semelhantes (magnitude e epicentro).

V.1 O Conceito de Risco e os Riscos Naturais em Portugal

O *Risco* de um determinado fenómeno acontecer pode ser definido a partir da relação entre dois parâmetros: a probabilidade de que esse fenómeno ocorra num dado local, e a consequência que esse fenómeno terá para a ocupação humana nesse mesmo local (Eq. V.1) (Souza, 2008).

$$R = P * C$$

Eq. V.1; Fórmula para cálculo do risco associado a um fenómeno (Souza, 2008)

R= Risco associado a um fenómeno

P= Probabilidade do fenómeno acontecer

C= Consequências do fenómeno para a ocupação humana

A probabilidade de um fenómeno acontecer tem geralmente características constantes, uma vez que depende sobretudo de aspectos geomorfológicos e climáticos cujas modificações no tempo são bastante lentas. Relativamente às consequências de um fenómeno numa região não pode dizer o mesmo, já que dependendo a evolução da ocupação humana, este factor está directamente relacionado com a variável tempo.

Definir as consequências de um fenómeno implica a quantificação de outros dois factores: a) a perigosidade que determinado fenómeno tem para as populações e b) os custos sociais e materiais que o acontecimento acarretará. Os custos sociais relacionam-se com factores como o crescimento demográfico e a sazonalidade, que caracterizam a ocupação humana num dado local, numa dada altura. Por outro lado, os custos materiais estão associados à destruição ou prejuízos nas infraestruturas humanas existentes. Por exemplo, considerando um fenómeno provável de acontecer numa zona desértica, face à reduzida ocupação humana, o factor de risco será baixo. Se por outro lado se considerar uma zona com uma taxa de crescimento demográfico elevado, o factor de risco tenderá a aumentar com o tempo.

Existem riscos associados com fenómenos naturais e outros com fenómenos/acidentes tecnológicos. Os riscos naturais podem dividir-se em quatro tipos: a) atmosféricos (tempestades, tornados e ciclones tropicais, incêndios florestais, secas, nevões, trovoadas, vagas de frio e vagas de calor); b) hidrológicos (inundações, cheias, alagamentos freáticos, vagas e marés vivas); c) geológicos, associados a movimentos, processos e fenómenos da dinâmica

interna do globo terrestre (falhas, sismos e vulcões) e d) geomorfológicos, associados aos movimentos, processos e fenómenos da dinâmica externa do globo terrestre (deslizamentos, queda de blocos e subsidência) (Mourão, 2005).

Os acidentes tecnológicos, derivados da actividade humana, são acontecimentos súbitos e não planeados, causadores de danos graves às populações e ao Ambiente. Na origem de verdadeiras catástrofes estão fenómenos relacionados com o transporte e armazenamento de substâncias e mercadorias perigosas (como derrames petrolíferos), assim como com a localização da logística inerente à existência de gasodutos e oleodutos no território nacional. Actualmente, referem-se ainda as ameaças químicas e biológicas, como um risco preocupante (ANPC).

Ocasionalmente, o território português é também fustigado por catástrofes naturais (Figura V.1).

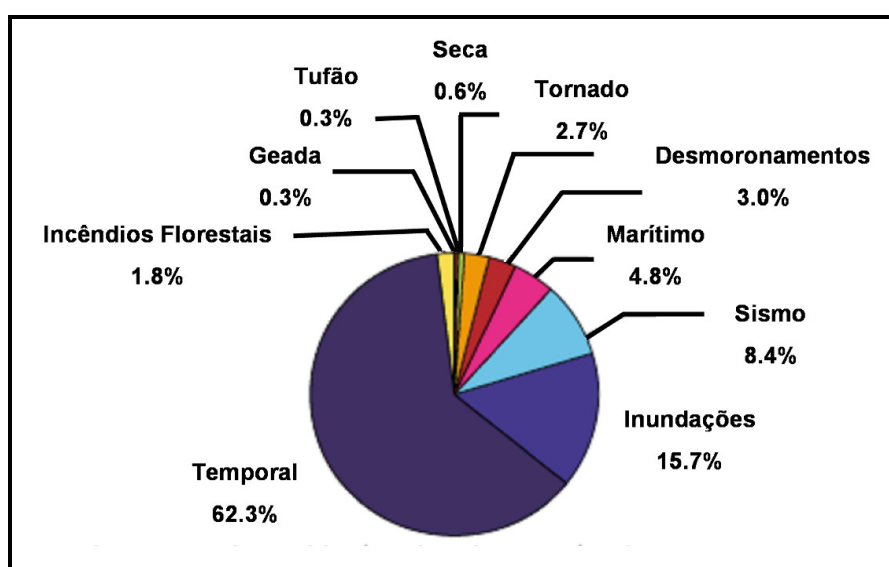


Figura V.1: Tipo de causas dos acidentes de origem natural ocorridos em Portugal entre 1985 e 1997 (DGA, 1999).

Na figura V.2 apresenta-se o primeiro mapa moderno de riscos de Portugal em Portugal continental (*in* Felizes, 2008), a partir do qual se pode concluir que, numa grande parte do território português, a ocorrência fenómenos naturais catastróficos é uma realidade. É de notar que o mapa da Figura V.2 não contempla os riscos naturais atmosféricos.

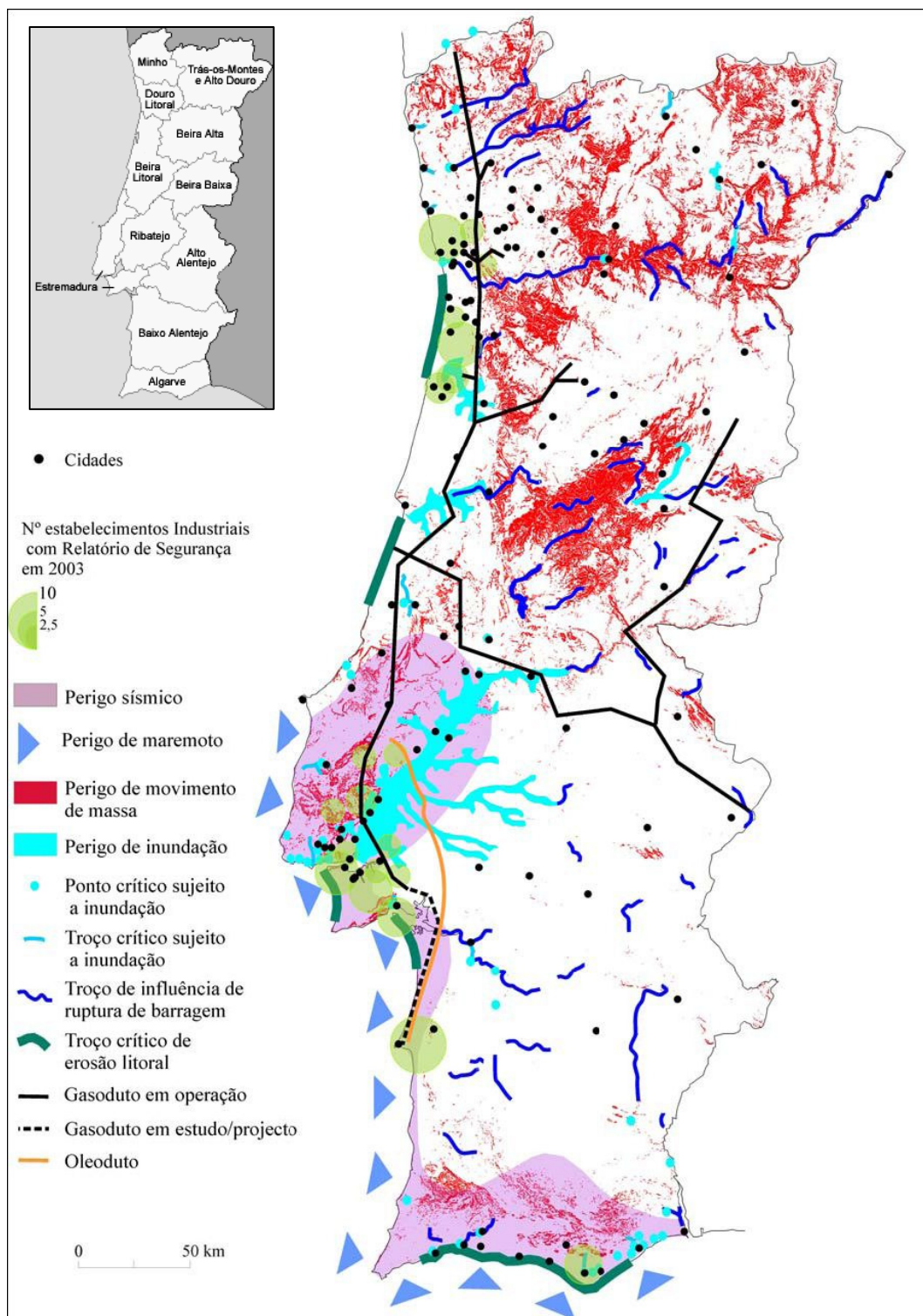


Figura V.2: Mapa de riscos em Portugal continental, com indicação de fenómenos naturais (erosão litoral, troços de influência de ruptura de barragem, perigo de inundação, perigo de maremoto e sismicidade) e perigos tecnológicos (identificação dos estabelecimentos com relatórios de segurança e localização de gasodutos e oleodutos) (in Felizes, 2008).

É também possível realçar riscos geomorfológicos, tais como: movimentos de massa (região Norte e Interior do país); riscos geológicos, como o risco sísmico (Algarve e Lisboa) e riscos hidrológicos, associados ao risco de cheia (perigo de inundação do leito dos rios e indicação do troço de influência de ruptura de barragens). A zona do território continental que parece menos afectada é a zona do Alto e Baixo Alentejo (Figura V.2).

Os riscos naturais atmosféricos, apesar de ausentes no mapa da Figura V.2, também afectam o país. Quanto aos nevões, são limitados aos meses compreendidos entre o Outono e a Primavera e nas zonas montanhosas acima dos 1000 metros de altitude, como as serras da Estrela e do Gerês. Alguns centros urbanos como Bragança, Guarda e Covilhã também são afectados pela queda de neve (www.bombeiros-portugal.net).

As ondas de calor, vagas de frio e trovoadas são fenómenos associados às condições atmosféricas e dos quais há alguns registos históricos em Portugal (por exemplo, a onda de calor de Julho de 2006 e a vaga de frio de Setembro de 2007). A sua existência não depende das condições geomorfológicas do país, o que torna difícil definir zonas de maior vulnerabilidade.

Os incêndios florestais são também um assunto que tem preocupado a opinião pública em geral, devido à situação crítica que se viveu no Verão de 2005.

As zonas mais críticas localizam-se no interior centro e Norte de Portugal e são classificadas com risco máximo (Figura V.3). Essas regiões são também as mais susceptíveis a movimentos de massa (Figura V.2).

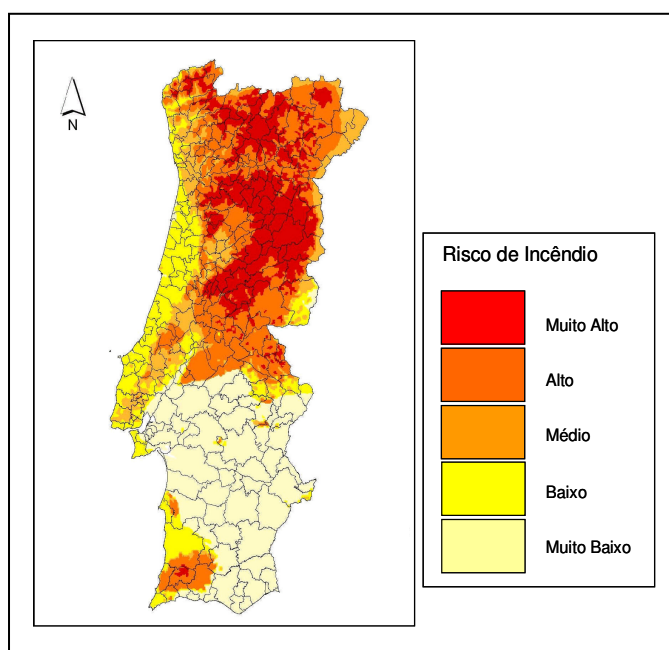


Figura V.3: Carta de risco de incêndio (Fonte: DGRF, 2004 in, DGA, 2006).

V.2 Riscos Naturais na Região de Aveiro

Os Riscos Naturais anteriormente citados não afectam todos a Região de Aveiro da mesma forma. Tendo em conta as características geomorfológicas e populacionais da região, os fenómenos naturais que mais potencialmente afectarão a população de Aveiro são o risco de cheia, o risco de erosão costeira, o risco de seca e o risco sísmico (moderado a baixo), principalmente quando associados a ondas de tsunamis, cuja descrição será feita nos sub-capítulos seguintes.

A avaliação do impacto potencial será feita com base em representações gráficas e registos históricos referentes à região, por forma a permitir um correcto enquadramento do fenómeno, sendo elaborado sempre que possível, um esquema conclusivo para cada freguesia, face a cada fenómeno.

Será dado particular enfoque ao risco sísmico, procurando avaliar-se o seu potencial impacto, na área em estudo, no caso de uma repetição de um sismo equivalente ao de 1755.

V.2.1 Risco de Cheias e Avaliação do seu Impacto

As cheias são situações de risco em que, devido a um excesso de caudal dos cursos de água, se origina o extravase do leito normal e a inundação das margens e áreas circunvizinhas. Normalmente associadas a fenómenos naturais, extremos e temporários, são provocadas por precipitações moderadas e permanentes, ou por precipitações repentinas e de elevada intensidade. Podem ainda ser causadas pela ruptura de barragens, sendo nestes casos acidentes de propagação muito rápida, associadas ou não a fenómenos meteorológicos adversos (ANPC).

Os prejuízos resultantes das cheias são avultados, podendo conduzir à perda de vidas humanas e bens. O impacto no tecido sócio-económico da região é geralmente significativo e os sectores mais vulneráveis são geralmente a agricultura e a indústria, para além do próprio bem-estar da população (ANPC).

De acordo com a representação gráfica da Precipitação Média Anual (Figura V.5), podemos concluir que os valores de precipitação para a bacia em questão estão normalmente entre os 800 mm e os 2000 mm. Os valores mais elevados dizem respeito à região entre Arouca e Mortágua, que não faz parte do Município de Aveiro, no qual os valores de precipitação média anual observados se situam entre os 800 e os 1200 mm (Figura V.5).

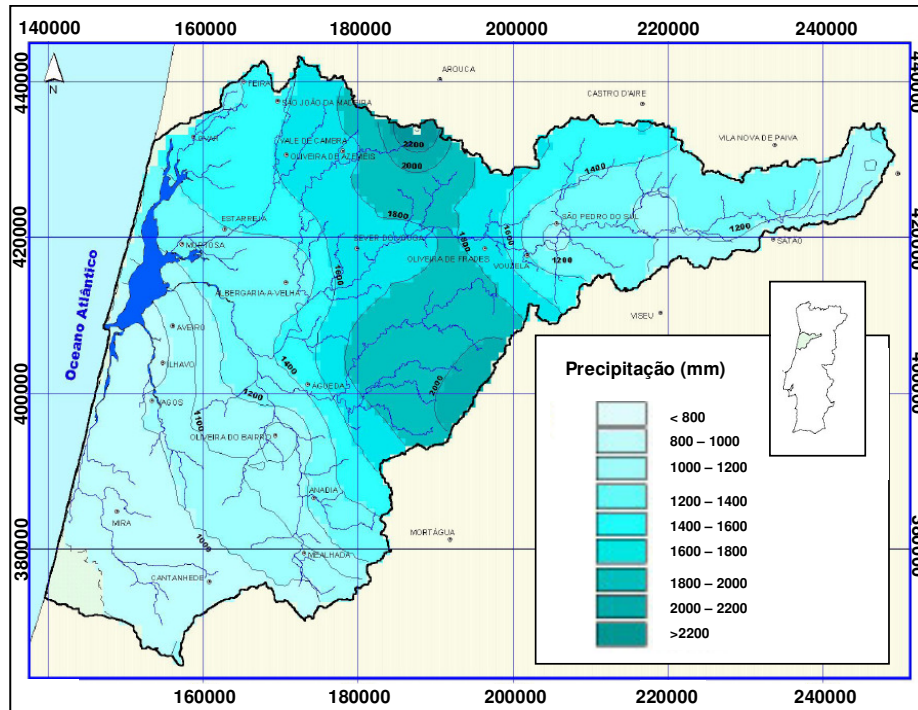


Figura V.5: Representação gráfica da pluviosidade média anual na Bacia Hidrográfica do Rio Vouga (PBHV, 2001).

Para além do conhecimento dos factores que poderão influenciar uma cheia (número de aproveitamentos hidráulicos e o valor para as precipitações médias anuais na Bacia Hidrográfica do Rio Vouga), o Município de Aveiro elaborou uma Carta de Risco de Cheia (Coelho *et al.*, 2007). A utilização deste elemento cartográfico numa Base de Dados SIG, como a que foi desenvolvida neste projecto, é uma importante ferramenta de apoio à gestão do risco, permitindo analisar áreas emersas e definir planos de emergência no caso uma inundação catastrófica. A Figura V.6 indica a integração de dados da Base Cartográfica e do polígono de Cheias (capítulo IV), para avaliação do número de habitações inundadas.

A prevenção e mitigação do efeito das cheias é de extrema importância. O conhecimento das características da bacia hidrográfica do rio em questão, permite avaliar o tempo necessário para que uma cheia ocorra e a sua duração, permitindo definir a forma de aviso e evacuação da população. A prevenção, através da análise e monitorização das observações meteorológicas, tal como o conhecimento das descargas das barragens, permite agir para minimizar as consequências. O Instituto da Água e as Administrações das Regiões Hidrográficas são as entidades responsáveis em Portugal pela previsão de cheias, através do Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos (SVARH) (ANPC).

A possibilidade de ocorrência de cheias em Portugal Continental define-se entre o Outono (altura em que, normalmente, se inicia o período húmido em Portugal e durante o qual a pluviosidade é mais frequente) e a Primavera (ANPC).

A Região de Aveiro susceptível à ocorrência de cheias situa-se na Bacia Hidrográfica do Rio Vouga (Figura V.4), onde se identificam 3 albufeiras e 43 barragens e açudes (CCDRC, 1999).

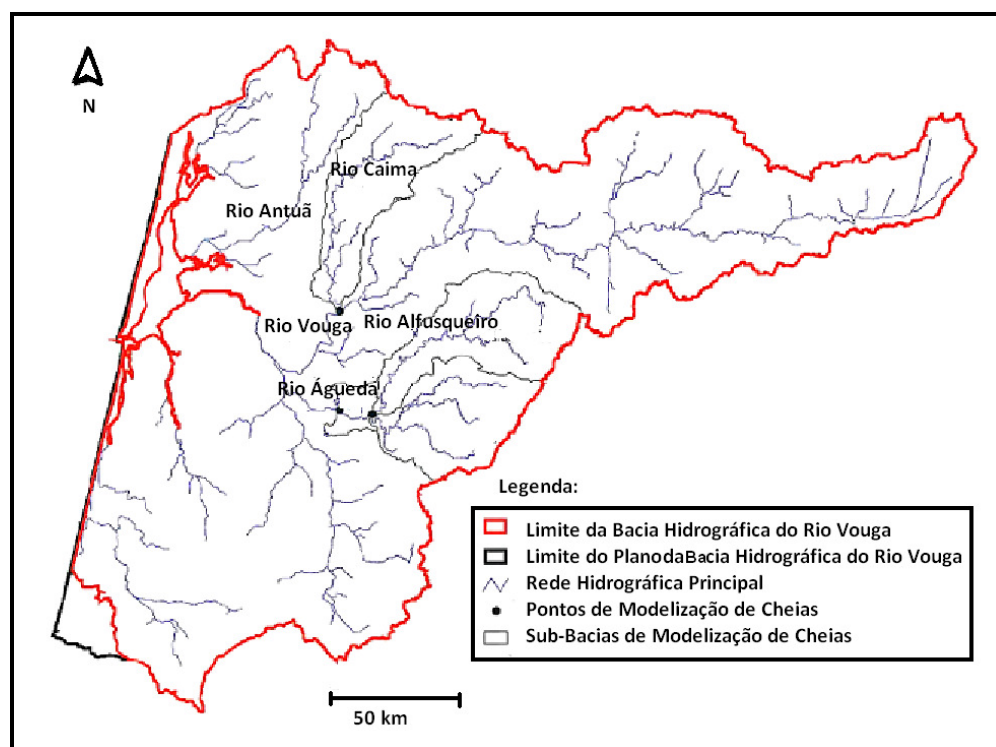


Figura V.4: Bacia hidrográfica do Rio Vouga e respectiva rede hidrográfica (adaptado de DRAC, 1998).

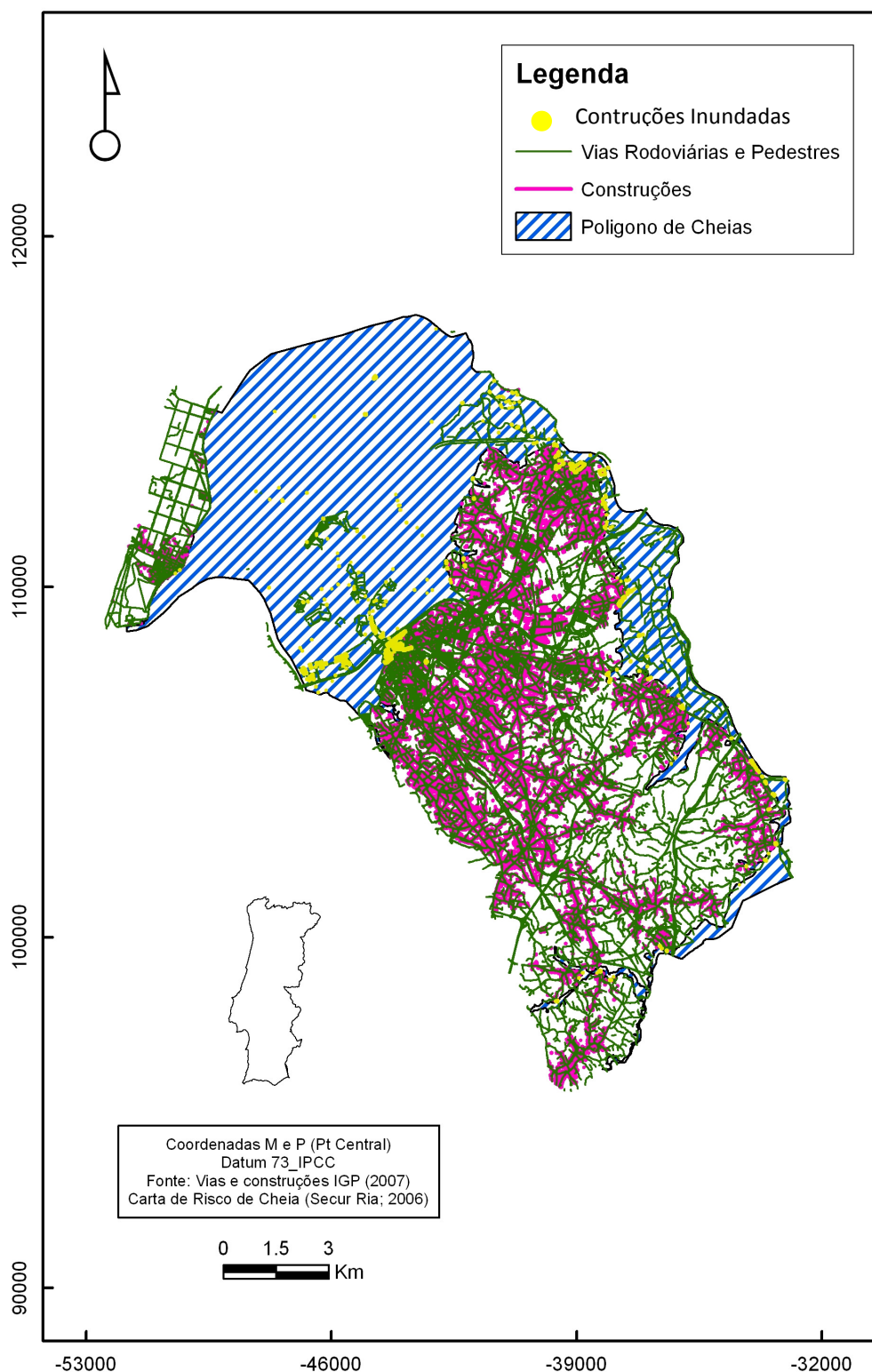


Figura V.6: Carta de Risco de Cheia sobre as freguesias do Município de Aveiro, com indicação das vias rodoviárias e das construções em zona habitável não inundável (rosa) e em zona inundável (amarelo). Produzida utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.

A Carta de Risco de Cheia (zonas inundáveis; Coelho et al., 2007; Figura V.6) constitui um dos elementos cartográficos desenvolvidos no âmbito do Projecto SECUR-Ria. Como previamente foi referido, assume-se o registo de ocorrência das cheias de 2001 como principal referência para o presente trabalho, uma vez que se trata de uma situação real, em áreas onde o risco está comprovado, correspondendo ao ano em que, de um modo geral, ocorreram as maiores cheias de que há memória nos últimos trinta anos.

Com recurso à Base de Dados desenvolvida neste trabalho, foi feita uma estimativa de quantas habitações seriam afectadas, no caso de se verificar uma cheia que inundasse toda a área definida no polígono de cheias do Projecto SECUR-Ria. Sobrepueram-se as *feature classes* correspondentes às construções, às vias rodoviárias e à Carta de Risco de Cheia.

Utilizando no ArcGis a função *Select by Location*, foram identificadas todas as construções que se intersectavam com a zona inundada. Considerando o panorama da Carta de Risco de Cheia no Município de Aveiro, de acordo com a função *Statistics* existiriam 400 habitações na zona inundada potencial (Figura V.7), num universo de 18124 habitações, o que corresponde a 2.2%.

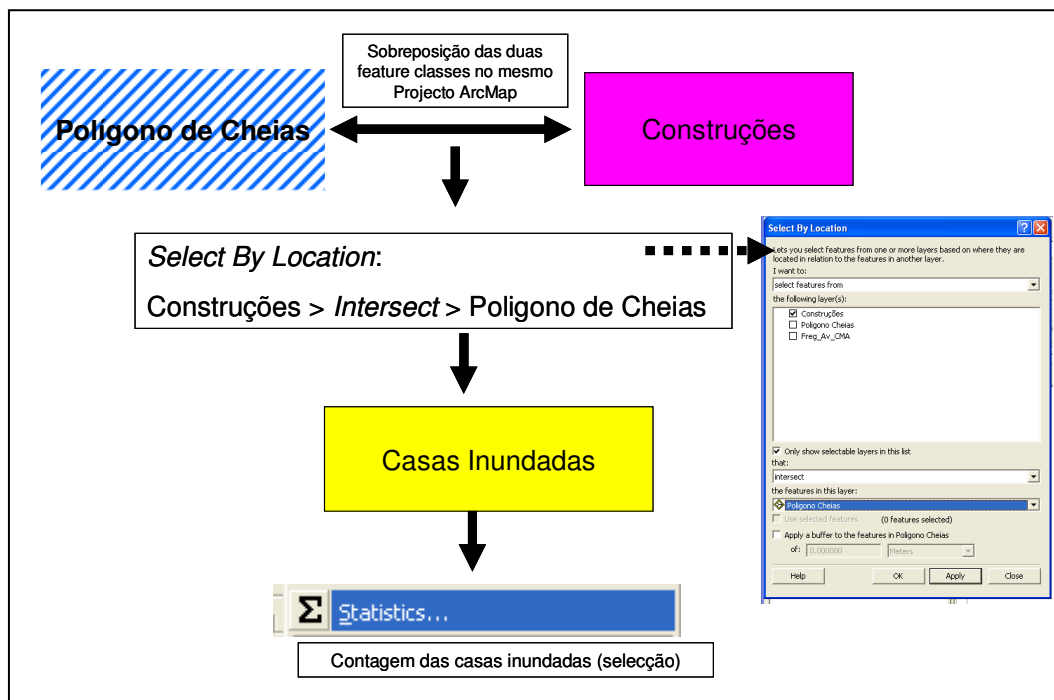


Figura V.7: Metodologia utilizada na contagem de casas potencialmente inundadas pela área de cheia definida no polígono.

As construções referidas estão localizadas em 10 das 14 freguesias de Aveiro, estando, segundo esta previsão, a salvo, as freguesias de Aradas, Oliveirinha, Santa Joana e São Bernardo (Figura V.8). As freguesias mais afectadas parecem ser as de **Vera Cruz, Glória e Cacia**.

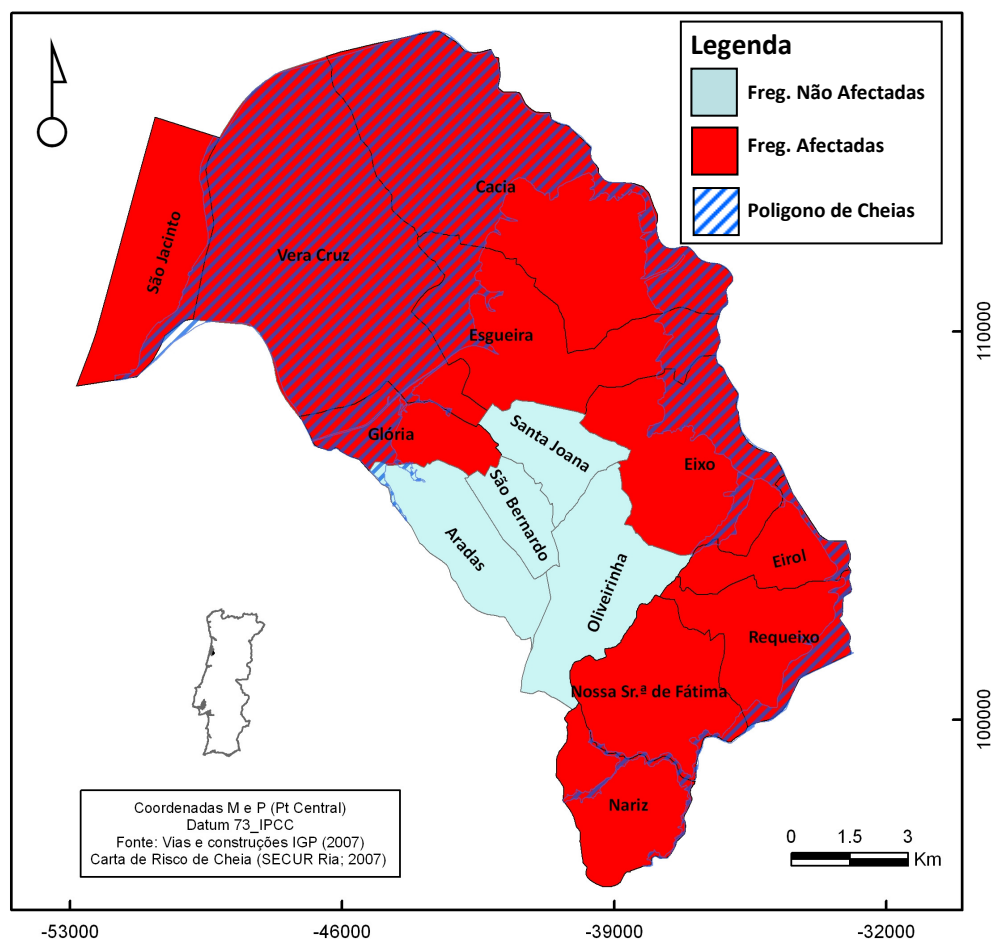
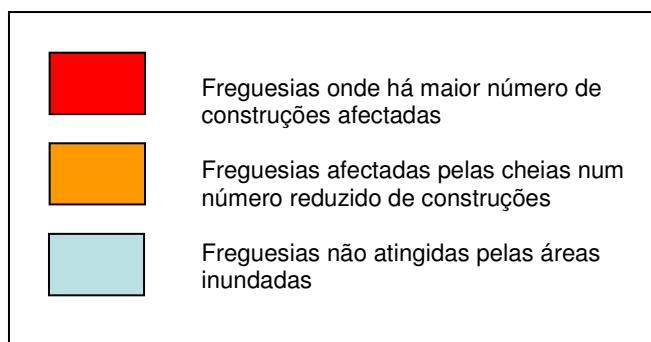


Figura V.8 : Classificação das freguesias do Município de Aveiro quanto à existência de construções inundadas no caso de uma cheia em que a área de inundação seja a definida no polígono de cheias. Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.

Com base na Figura V.6 e V.8, apresenta-se um esquema conclusivo sobre a vulnerabilidade de cada uma das freguesias de Aveiro a uma cheia, considerando como base para a área inud vel a descrita na Carta de Risco de Cheia (Coelho *et al.*, 2007). A classifica o quanto   vulnerabilidade face a uma cheia teve em conta as freguesias afectadas pelos polígonos de cheias e também a quantidade de constru es inundadas em cada freguesia.

Aradas	Cacia	Eirol	Eixo	Esgueira	Glória	Nariz	Oliveirinha	Requeixo	São Bernardo	São Jacinto	Santa Joana	Vera Cruz	Nossa Senhora de Fátima
Classificação quanto à Vulnerabilidade face a uma Cheia													



Quadro V.1: Classificação das freguesias do Município de Aveiro quanto à vulnerabilidade a uma cheia considerando como base para a área inundável a descrita na Carta de Risco de Cheia.

A partir da Base de Dados desenvolvida é possível definir cenários de catástrofe a avaliar qual o impacto que estas podem ter na ocupação humana. Na Figura V.6, elaborada a partir da Base de Dados e conjugando as *Feature Classes* “vias”, “Construções” e “Pol_Cheias”, pode observar-se que a maior parte das vias rodoviárias e das habitações se situam fora da área de cheia. A partir desta informação é possível concluir que, caso a zona inundada não exceda a área definida, os danos nas freguesias de Aveiro não serão muito elevados (em termos percentuais).

Como referido no capítulo IV, a Carta de Risco de Cheia foi definida tendo por base os registos das cheias de 2001 apesar de outras cheias históricas terem também atingido a cidade de forma danosa, como é o caso das cheias de 1938 (www.prof2000.pt). Desta catástrofe restam alguns registos históricos da baixa da cidade (por exemplo, fotografias), mostrando que nesta zona a área de inundação parece não exceder a área correspondente ao polígono de cheias, elaborado no âmbito do projecto SECUR-Ria. Na Figura V.9 apresenta-se um dos registos fotográficos do Rossio da cidade de Aveiro, durante essas cheias.

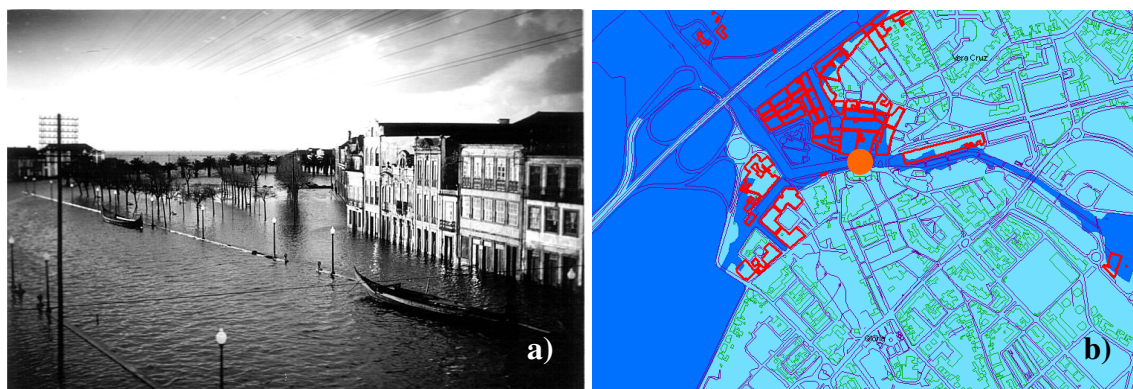


Figura V.9: Aspecto das cheias em Aveiro. a) Canal Central e parte do Rossio inundados (Raul Marques de Almeida - Aveiro, 1938 in www.prof2000.pt); b) Localização da fotografia (a) e identificação das construções afectadas pelo polígono de Cheias na zona do Rossio: a vermelho indicam-se as construções inundadas, a verde as construções não afectadas, a roxo as vias rodoviárias e a azul o polígono de cheias (Coelho et al., 2007). Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.

V.2.2 Risco de Seca

A seca é um fenómeno climático causado pela insuficiência de chuva numa determinada região por um período de tempo muito elevado, provocando assim desequilíbrios hidrológicos significativos. Normalmente, a ocorrência da seca acontece quando a evapotranspiração ultrapassa, por um período de tempo, a precipitação.

Existem vários tipos de secas. Tendo em conta o nosso clima, com influências atlântica, continental e mediterrânea, as que são mais importantes analisar são as secas irregulares e variáveis, que podem ocorrer em qualquer região onde o clima seja húmido ou sub-húmido, como Portugal. O período de retorno é breve e incerto; normalmente são limitadas em área, e não abrangem grandes regiões; não ocorrem numa estação definida e não é possível a previsibilidade da sua ocorrência (Assis, s/data).

Acredita-se que a estação de Verão favoreça as secas, pois existe um grande aumento da evapotranspiração devido ao incremento da irradiação solar incidente, sobretudo quando as taxas de precipitação são muito baixas. (Assis, s/data).

Os boletins climatológicos mensais do Instituto de Meteorologia (IM), apresentam dados sobre a seca em Portugal. Segundo o índice de seca meteorológica PDSI¹, para Julho de 2008, quase toda a região Sul e parte da região Centro (49% do território), onde se inclui a região de Aveiro, iniciou uma situação de seca fraca, normal para essa época do ano (IM, 2008) (Figura V.10).

Durante a seca de Janeiro de 2005, o mês mais seco nos últimos 100 anos (site:“pt.wikinews.org”), Aveiro foi um dos distritos mais afectados, com consequências desastrosas para a agricultura, florestas, produções agrícolas, rios e até mesmo a população. A pouca quantidade e esgotamento de furos de captação de água, assim como nível de água das barragens, que diminuiu muito, dificultou a distribuição da água pela população, assim como aumentou o número de incêndios florestais e dificultou o combate aos mesmos (ANPC).

Em suma, será prudente ter conta este risco na região de Aveiro e definir planos de emergência para superar este tipo de eventos.

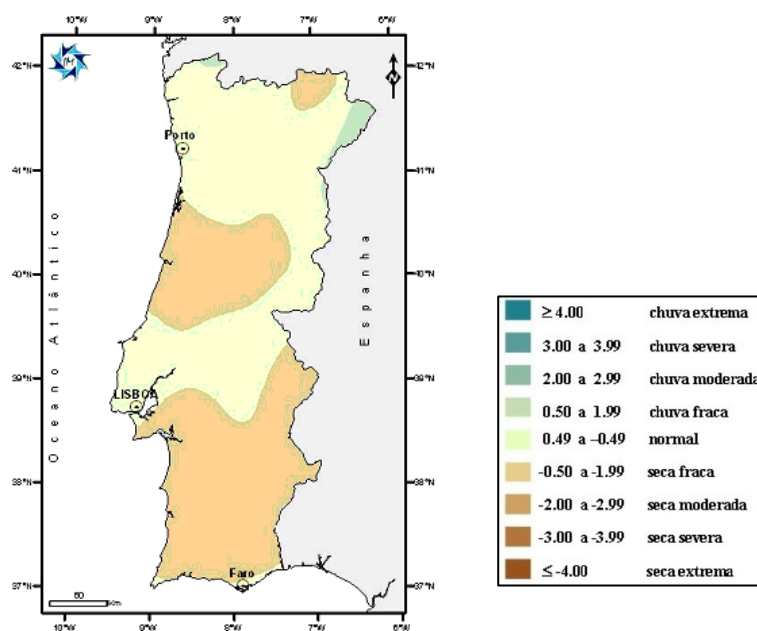


Figura V.10: Distribuição espacial do Índice de Seca em Julho 2008 (Fonte: IM, 2008).

Relativamente ao risco de seca, em particular para cada uma das freguesias de Município de Aveiro, não foi possível obter os dados

¹ PDSI - Palmer Drought Severity Index - Índice que se baseia no conceito do balanço da água tendo em conta dados da quantidade de precipitação, temperatura do ar e capacidade de água disponível no solo. Permite detectar a ocorrência de períodos de seca e classifica-os em termos de intensidade (fraca, moderada, severa e extrema) (IM, 2008).

pormenorizados, pelo que neste sub-capítulo não foi possível desenvolver um esquema conclusivo (como o indicado no quadro V.1 para o caso do risco de cheia), referente à susceptibilidade ao risco de seca.

V.2.3 Risco de Erosão Costeira

O risco de erosão costeira pode ser consequência de múltiplos factores e, embora seja associada a factores de origem natural, a maior parte das vezes é consequência directa ou indirecta de actividades antrópicas, como as construções humanas nas zonas costeiras.

Os principais factores responsáveis pela erosão costeira e, consequentemente, pelo recuo da linha de costa são a elevação do nível do mar, a diminuição da quantidade de sedimentos fornecidos ao litoral (influência de barragens, dragagens, etc.), a degradação antropogénica das estruturas naturais, e as obras pesadas de engenharia costeira, nomeadamente, as que são implantadas para defender o litoral (Dias, 1993).

No último século, por todo o planeta, o efeito deste fenómeno tem-se repercutido gravemente, resultando numa migração avassaladora da linha de costa. De acordo com a UNESCO, actualmente, 65% de toda a população mundial vive junto à costa e cerca de 16% da população europeia vive em municípios costeiros (Pinto, s/data). Portugal não é excepção. A simples disposição peninsular e o facto de 76% da população portuguesa residir nas áreas costeiras (PMUE, s/data) resultam numa ocupação humana costeira excessiva, que não viabiliza um desenvolvimento sustentável da faixa costeira.

Neste sentido, para além de ser necessário intervir em diferentes áreas, o reordenamento da faixa litoral, assume cada vez mais um papel preponderante, por forma a propiciar um desenvolvimento racional e sustentável desta importante zona do território português (Dias, 1993).

Relativamente a Aveiro, a principal causa de erosão costeira está, há muito, bem estabelecida: o molhe Norte da Barra de Aveiro (Dias, Ferreira & Pereira, 1994) (Figura V.11).

Estudos sobre a evolução da linha de costa, com base na análise de mapas e de fotografias aéreas, permitem concluir que o cordão litoral entre Aveiro e a Vagueira se manteve mais ou menos estável entre 1870 e 1900 mas que, entre 1900 e 1958, já se terá registado erosão como consequência do desmantelamento do cordão arenoso e da construção dos molhes iniciais do Porto de Aveiro. Entre 1958 e 1990, período este afectado pelo prolongamento dos molhes, as taxas de recuo médio aumentaram significativamente, tendo atingido valores da ordem de 9 m/ano (Bettencourt & Ângelo, 1992).

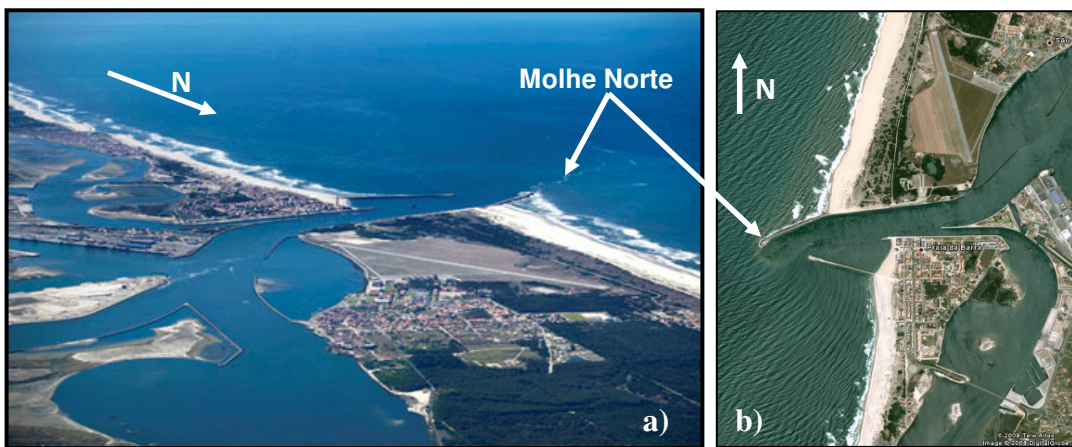
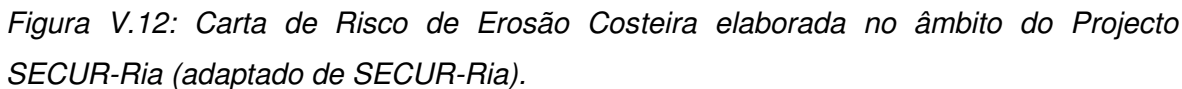


Figura V.11: Vista aérea da barra de Aveiro. Note-se a acumulação de areias contra o molhe Norte, bem como o grande desfasamento entre a linha de costa, a norte e a Sul da barra. a) Fotografia aérea (www.portodeaveiro.pt) (b) Imagem de satélite actual (Google Earth).

A terminação da Barra de Aveiro em 1936, veio trazer o prolongamento dos molhes da Barra de Aveiro para o mar, condicionando toda a dinâmica sedimentar local, e acabando por induzir grandes modificações na deriva litoral, na evolução da linha de costa e na própria geomorfologia da região. Das alterações induzidas pelos molhes salientam-se a acumulação de sedimentos a norte de S. Jacinto, o desenvolvimento acelerado de um banco externo à laguna de Aveiro e o elevado do recuo da linha de costa, a sul (Dias, Ferreira & Pereira, 1994) (Figura V.11).

No âmbito do projecto SECUR-Ria, foram descritas as condições de risco de erosão costeira e elaborada uma carta de risco de erosão costeira (SECURRia).



Quadro V.2: Classificação das freguesias do Município de Aveiro quanto à vulnerabilidade face ao fenómeno de erosão costeira.

O esquema do Quadro V.2 refere uma classificação para as freguesias do Município de Aveiro quanto à vulnerabilidade face ao fenómeno de erosão costeira, considerando como base para a classificação a carta de risco de erosão costeira da Figura V.12. As cores adoptadas reflectem as cores da figura V.12. Para a freguesia de Vera Cruz foi adoptada a cor laranja por se tratar de uma freguesia em que o risco de erosão costeira vai de muito baixo a moderado. A freguesia mais afectada é a freguesia de **São Jacinto** devido à sua elevada exposição costeira, assunto que será posteriormente referido neste capítulo.

Tendo em conta a exposição do Município de Aveiro ao mar, foi elaborada, no âmbito desta tese de mestrado, uma caracterização da linha de costa entre a Faixa de Mira e Ovar (descrita no capítulo VI). Através deste trabalho pretende-se identificar as características geológicas da linha de costa, as infraestruturas humanas existentes e a ocupação humana que se verifica. Posteriormente, com base nos dados recolhidos, será classificada a linha de costa segundo o método proposto pelo National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) para a definição de Índices de Sensibilidade Ambiental (ISA).

V.2.4 Risco Sísmico

Um sismo é um fenómeno natural que ocorre quando as rochas sob tensão repentinamente se rompem ao longo de uma falha nova ou pré-existente. A ruptura mais ou menos violenta no interior da crosta terrestre, corresponde à libertação de uma grande quantidade de energia, provocando vibrações que se transmitem a uma vasta área circundante (Press *et al.*, 2006; ANPC).

V.2.4.1 A Sismicidade em Portugal Continental

A sismicidade de Portugal Continental não é uniforme em todo o seu território e não é nem muito intensa, nem muito frequente. De uma forma genérica, no continente, aumenta de NNE para SSW (Figura V.13 e V.14).

Relativamente à distribuição dos epicentros de sismos no território português, é possível observar que os sismos de maior intensidade se localizam sobretudo na zona SW de Portugal Continental (Figura V.15).



Figura V.13: Zonamento Sísmico do território continental português, em que o risco sísmico mais elevado corresponde à letra A e o menor à letra D (RSA, 1983, in ANPC).

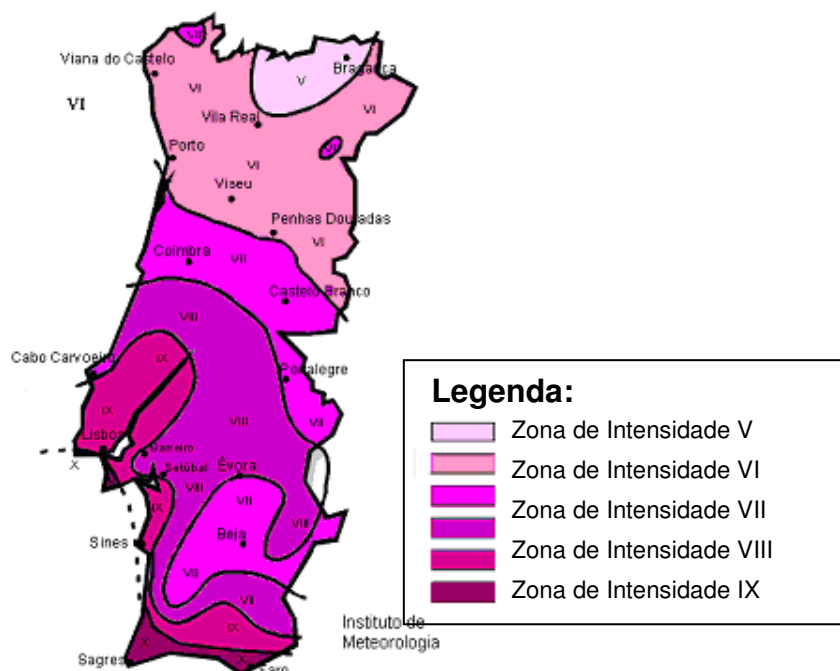


Figura V.14: Carta de Intensidades máximas históricas para Portugal Continental (IM, 2000, in ANPC).

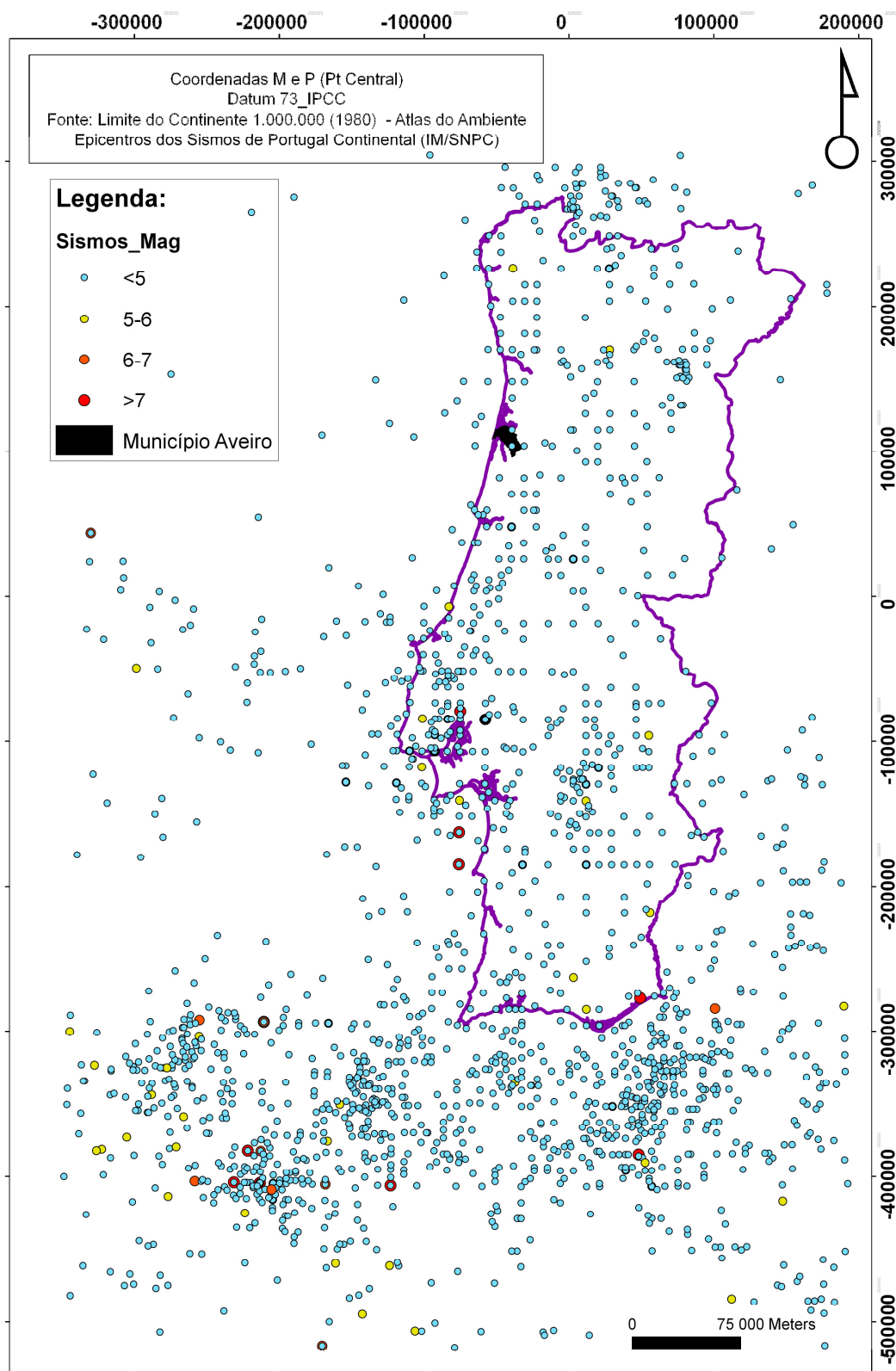


Figura V.15: Representação gráfica dos epicentros dos sismos históricos em Portugal Continental. Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.

A conjugação da informação SIG existente na Base de Dados desenvolvida permite criar representações gráficas importantes do ponto de vista geológico como a figura V.16. Nesta observa-se a conjugação das lineamentos morfológicos obtidos, através de fotointerpretação da região de Aveiro com os epicentros de sismos registados no Município de Aveiro e suas proximidades (*Buffer* de 10 Km). Alguns dos epicentros parcem estar relacionados com as lineações.

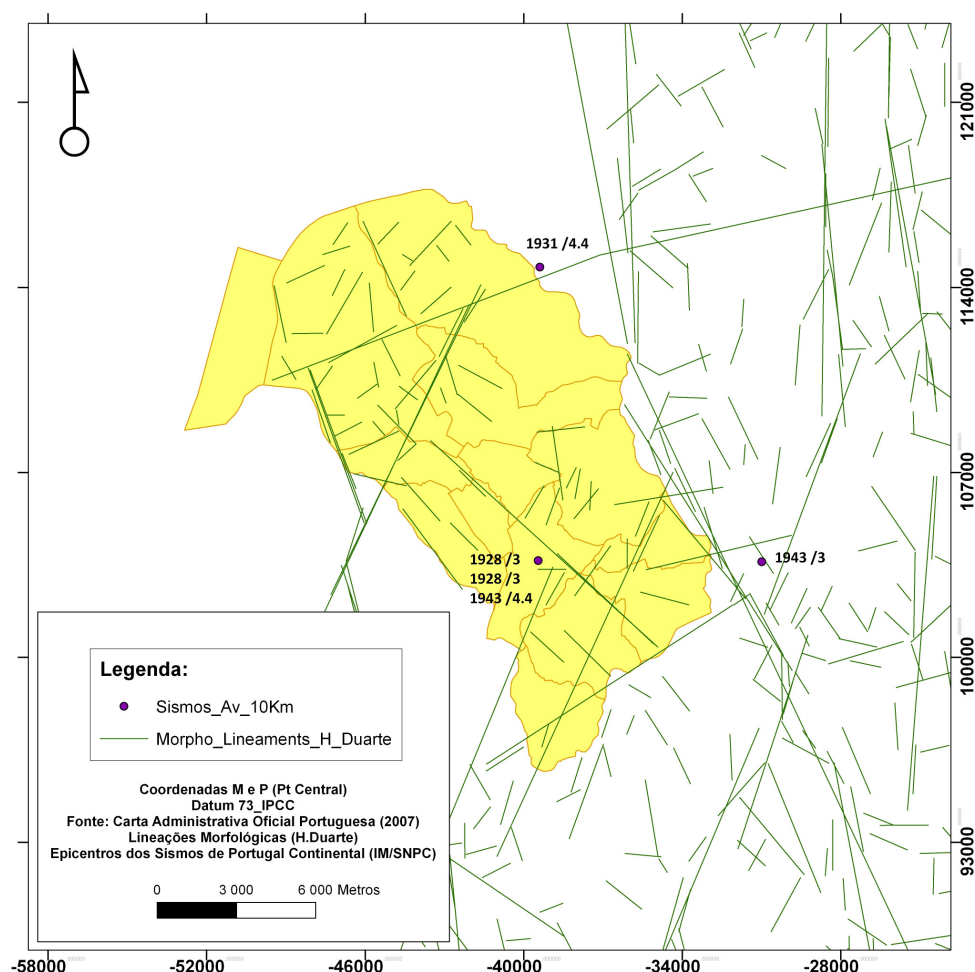


Figura V.16: Representação gráfica das lineações morfológicas em conjunto com os epicentros de sismos, existentes num raio de 10 Km em torno do Município de Aveiro. Indicação do ano em que ocorreram e da magnitude respectiva (Ano /Magnitude). Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.

Para além dos epicentros sísmicos históricos é importante salientar a Carta de Risco de Sismo existente na Aplicação SECUR-Ria da Câmara Municipal de

Aveiro (<http://sig.cm-aveiro.pt/smiga/securria/viewer.htm>) (Figura V.17), definida para o Município de Aveiro, com base no mapa das zonas de intensidade sísmica máxima para o período entre 1901 e 1972, existente na versão digital do Atlas do Ambiente, do Instituto do Ambiente.

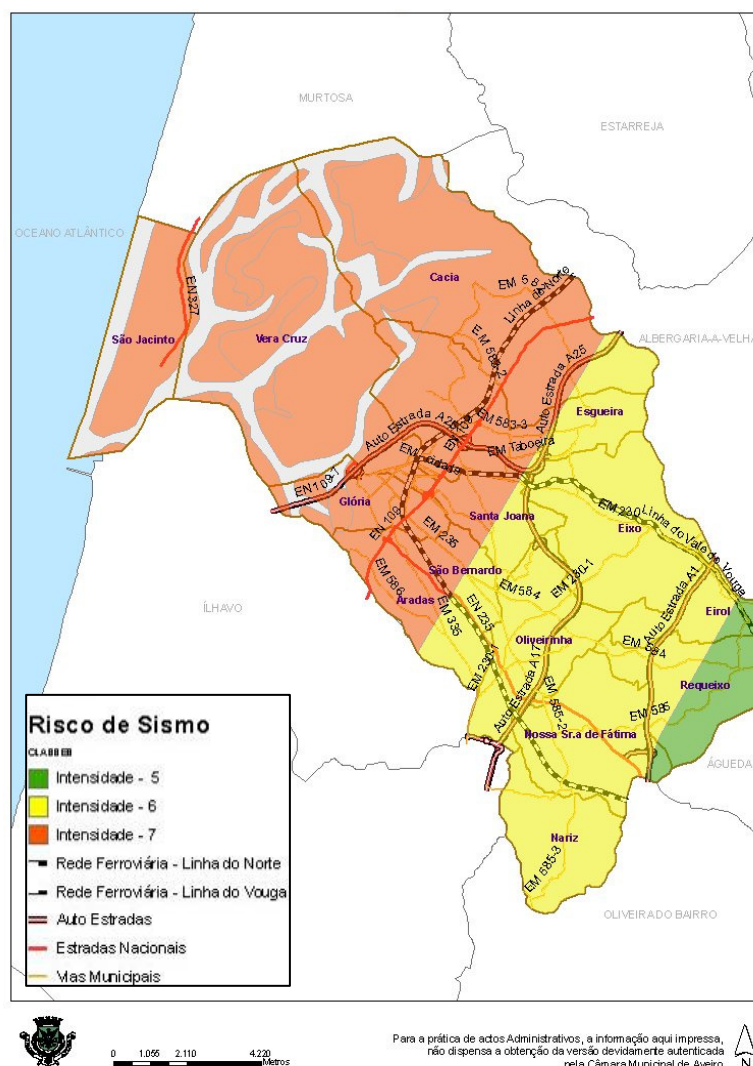
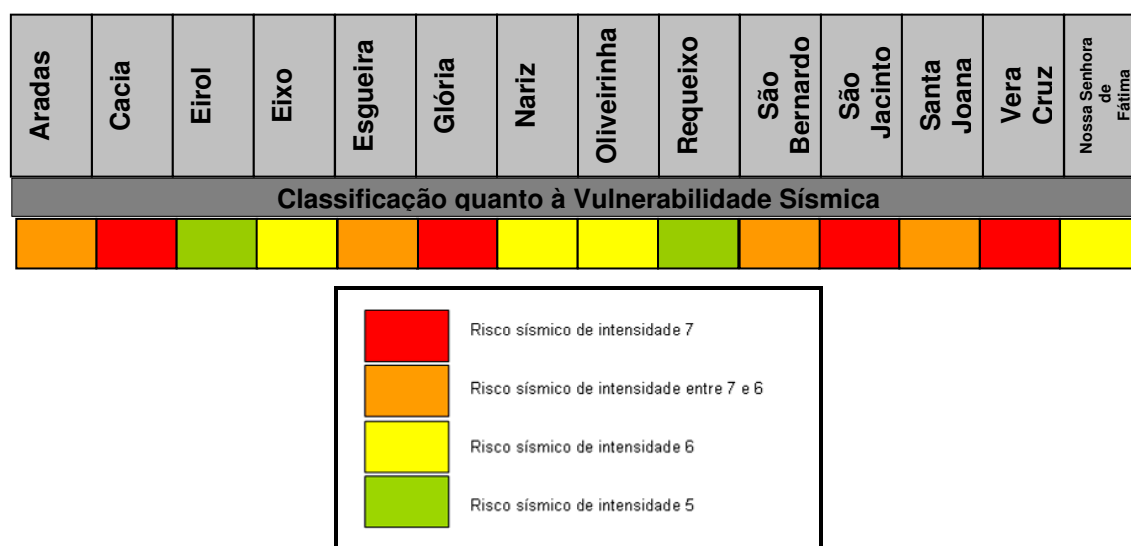


Figura V.17: Carta de Risco Sísmico para o Município de Aveiro, disponível em Aplicação SECUR-Ria da Câmara Municipal de Aveiro. Esta classificação baseia-se no mapa das zonas de intensidade sísmica máxima (escala de Mercalli) no período de 1901-1972, existente na versão digital do Atlas do Ambiente, do Instituto do Ambiente.

Pode verificar-se que desde a **zona costeira até ao eixo São Bernardo–Esgueira**, está classificada com risco sísmico com intensidade máxima histórica

de 7 (Escala da Mercalli¹). A intensidade sísmica no Município de Aveiro diminuiu para SE.

No quadro V.3, apresenta-se um esquema com a vulnerabilidade sísmica em cada uma das freguesias de Aveiro, definida a partir da figura V.17.



Quadro V.3: Classificação das freguesias do Município de Aveiro quanto à vulnerabilidade sísmica (intensidade sísmica máxima, Escala de Mercalli).

As cores adoptadas para a classificação descrita anteriormente são as do mapa da figura V.17, embora se tenha incluído uma nova cor, o laranja, para indicar freguesias em que a sua área se inclui na zona de risco sísmico de intensidade 7 e de intensidade 6.

V.2.4.2 Redes de Monitorização Sismológica

A prevenção dos sismos, apesar da muita investigação feita nesse sentido, ainda não é possível. No entanto, é possível tentar minimizar os seus efeitos identificando zonas de maior risco, construindo estruturas mais adequadas, promovendo a educação da população, nomeadamente no que diz respeito às

¹ Grau 7 na Escala da Mercalli: **Muito forte** - É difícil permanecer de pé, os objectos pendurados tremem e as mobílias partem. Queda de reboco, tijolos soltos, pedras, telhas, parapeitos soltos e ornamentos arquitectónicos. Estragos nas construções vão de limitados a generalizados. Facilmente perceptível pelos condutores de automóveis. Desencadeia pânico geral nas populações (ANPC).

medidas de segurança a serem tomadas durante um sismo, e elaborando planos de emergência.

Em 1902 foram instaladas as primeiras estações sismográficas em Portugal, inauguradas nos Açores (1902) e depois em Coimbra (1903), seguindo-se Lisboa em 1910 (IM, 1999 *in* DGA,1999).

Na sequência dos sismos de 28 de Fevereiro de 1969 e de 1 de Janeiro de 1980 foram instaladas 3 redes mais densas analógicas: uma no Continente, constituída por 9 estações cobrindo o território continental de norte a sul; uma na Madeira, com 1 estação no Funchal; e uma nos Açores, com 11 estações distribuídas pelas diversas ilhas (IM, 1999, *in* DGA,1999).

Posteriormente foram instaladas duas redes digitais, uma delas constituída por 14 estações entre o Continente e a Madeira (cujos dados são transmitidos via linha telefónica para Lisboa) e a outra com um conjunto de 12 estações cujos dados são transmitidos via satélite para Ponta Delgada (DGA,1999).

O estado actual da rede sismográfica apresenta-se nas Figuras V.18 e V.19, a partir das quais se pode verificar que Aveiro não tem nenhuma estação sismológica (Figura V.18).

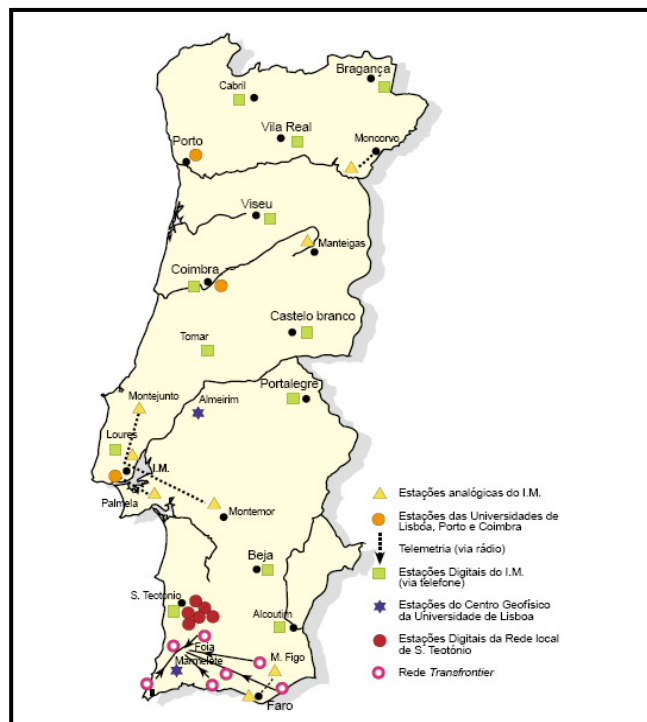


Figura V.18 – Rede Sismográfica de Portugal Continental (Fonte: IM, 1999 *in* DGA,1999)

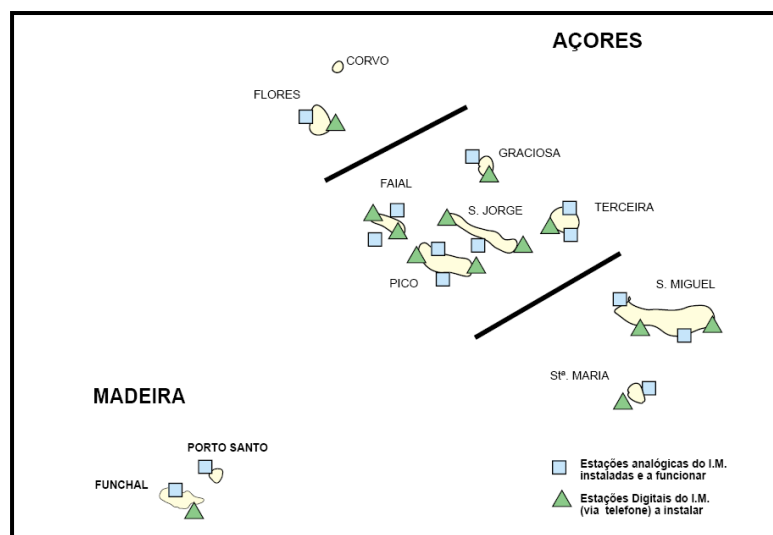


Figura V.19 – Rede Sismográfica dos Açores e da Madeira (Fonte: IM, in DGA, 1999)

V.2.4.3 Eventos Sísmicos Históricos mais significativos e o Grande Sismo de 1755

O território português tem sido atingido por diversos sismos com elevada magnitude e intensidade, tendo sido detectados eventos desde há mais de dois milénios.

O sismo mais antigo de que há notícia é terá ocorrido em 63 a.C., afectando as actuais costas portuguesa e da Galiza. Terá sido acompanhado por tsunamis de grande altura, que levou à movimentação das populações do litoral para o interior. A localização do epicentro deste sismo é incerta (Dias, 2000).

Outro grande sismo é datado de 382 d.C., com epicentro provável a SW do cabo de São Vicente, havendo relatos da ocorrência de um grande tsunami e desaparecimento de ilhas que existiriam ao largo do referido cabo (Dias, 2000).

A 24 de Agosto de 1356, um grande sismo foi sentido em toda a Península Ibérica, tendo atingido em Portugal intensidade semelhante ao de 1755, que aconteceu no feriado católico do dia de Todos-os-Santos, e sacudiu o litoral nacional com um violento terramoto de magnitude estimada em cerca de 8.75 graus na escala de Richter. Atingiu com particular incidência o litoral algarvio e Costa de Lisboa (Figura V.20), provocando uma enorme destruição na cidade de Lisboa (Figuras V.21 e V.22) (Dias, 2000).

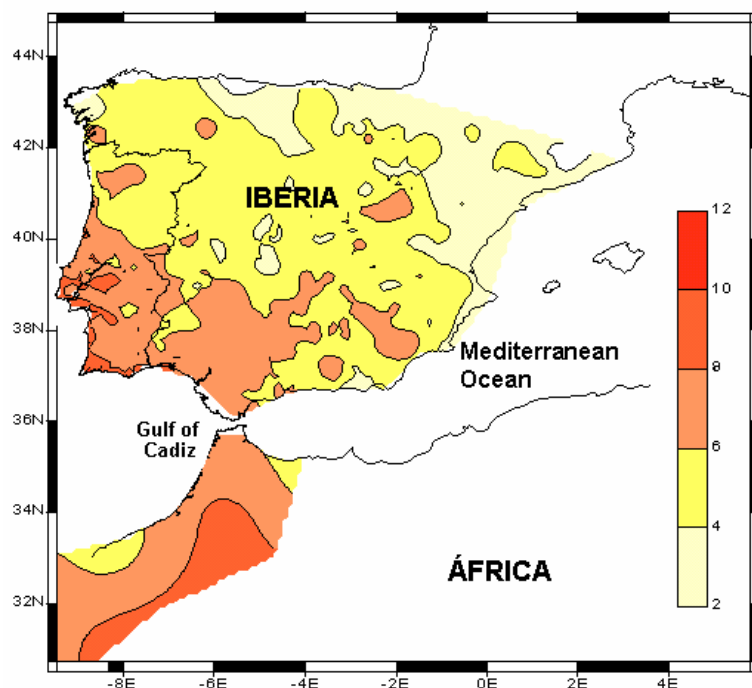


Figura V.20: Carta de Isossistas do Sismo de 1755 (PROT, 2004)



Figura V.21: Lisboa séc XVII, antes do terramoto.



Figura V.22: Gravura representativa do terramoto de 1755, de Lisboa, Séc. XVIII.

O sismo de 1 de Novembro de 1755 foi sem dúvida um marco na história da Portugal, mostrando à Europa que atrás de uma catástrofe natural vem um sem número de efeitos sócio económicos. Com a magnitude atingida estimada

em 8.7 (Sarmiento & Cardoso, 2006), foi a primeira catástrofe considerada global e nunca mais na Europa houve um sismo tão forte.

Contudo as ondas sísmicas que provocaram a destruição referida, não vieram sós, tendo-se seguido um tsunami (Figura V.23), cuja violência foi tal que se fez sentir desde o norte de Marrocos, ao longo de toda a costa atlântica portuguesa, até ao Sul do Reino Unido (Cornualha) e à ilha da Madeira e, com menor incidência um pouco por toda a Europa (Sarmiento & Cardoso, 2006).



Figura V.23: O Tsunami em Lisboa.

V.2.4.4 O sismo de 1755 em Aveiro

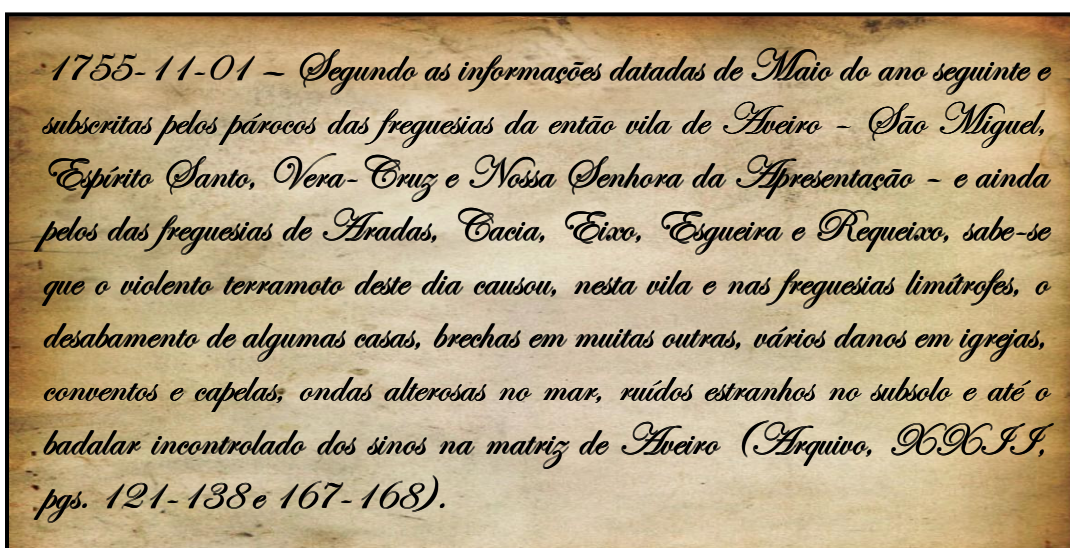
Atingindo todo o território nacional, Aveiro não escapou ao sismo de 1755 e ao consequente tsunami. Previsivelmente, verificaram-se muitos estragos, apesar de não terem sido registadas mortes, em parte devido à baixa densidade populacional.

Neste sub-capítulo procura-se fazer uma análise das consequências do sismo de 1755 em cada uma das freguesias do Município de Aveiro, avaliando as zonas mais afectadas na altura e as que consequentemente poderão ser as mais afectadas no caso da potencial repetição deste sismo na actualidade. Dois

trabalhos estiveram essencialmente na base desta reflexão. Um deles de Sarmiento & Cardoso (2006), em que é referido o impacto da catástrofe natural sobre a Laguna de Aveiro e a dinâmica económico-social dependente deste ecossistema; o outro é o estudo de Carvalho (1999) sobre o “Povoamento e Vida Material no Concelho de Aveiro”, onde são apresentadas as contagens demográficas desde 1527.

Após o sismo de 1755, os tempos que se seguiram foram de cruciais sofrimentos para as populações e para a cidade de Aveiro. A cidade de Aveiro, desde sempre um território à beira mar, sofreu os efeitos do tsunami, que em zonas de baixa altitude se tornou certamente bastante destrutivo, uma vez que a quase total inexistência de obstáculos topográficos permite que a vaga de um tsunami invada uma área de terreno muito significativa.

Os danos materiais mais significativos foram registados nos centros urbanos de Ovar e nas freguesias do Município de Aveiro. A análise dos danos registados deve ter em conta que o facto do património existente na época ser simples e ligeiro, fez com que os danos não fossem muito avultados. Por outro lado, o facto dos inquéritos referentes à identificação dos prejuízos nas freguesias terem sido realizados pelos párocos, traduz-se sempre num excesso de preocupação face ao património religioso em detrimento do património urbano (Sarmiento & Cardoso, 2006) (Figura V.24).



1755-11-01 – Segundo as informações datadas de Maio do ano seguinte e subscritas pelos párocos das freguesias da então vila de Aveiro – São Miguel, Espírito Santo, Vera-Cruz e Nossa Senhora da Apresentação – e ainda pelos das freguesias de Aradas, Cacia, Eixo, Esqueira e Requeixo, sabe-se que o violento terramoto deste dia causou, nesta vila e nas freguesias limítrofes, o desabamento de algumas casas, brechas em muitas outras, vários danos em igrejas, conventos e capelas; ondas alterosas no mar, ruídos estranhos no subsolo e até o badalar incontrolado dos sinos na matriz de Aveiro (Arquivo, N.º 11, pgs. 121-138 e 167-168).

Figura V.24: Excerto dos inquéritos de 1756 (www.prof2000.pt)

O trabalho de Sarmiento & Cardoso (2006) inclui 13 das actuais freguesias do Município de Aveiro (não inclui a freguesia de Eirol) e ainda algumas das freguesias dos Municípios de Ílhavo, Murtosa, Ovar, Águeda, Vagos, Estarreja e Albergaria-a-Velha. Tendo em conta o âmbito desta tese, apenas serão utilizados aqui os dados relativos ao Município de Aveiro, considerando Eirol uma freguesia sem informação.

De realçar que o trabalho consultado utiliza a base administrativa “Freguesias da Provedoria de Aveiro no século XVIII”, enquanto que neste trabalho é utilizada a divisão administrativa de acordo com a carta administrativa oficial portuguesa de 2007. Importa ressaltar também que não foi feita nenhum ajuste aos valores pelo facto da área administrativa das freguesias ter mudado, e que por isso se pode estar a cometer um erro nas estimativas.

Para a análise do impacto do sismo foi utilizada a base de dados criada neste projecto. As informações relativas a cada freguesia foram incluídas, como atributos, na *Feature Class* das freguesias do Município de Aveiro.

Na Figura IV.25, apresenta-se a distribuição geográfica dos danos materiais consequentes do sismo de 1755. Relativamente às cores escolhidas para o mapa, foi adoptada uma escala de verde a vermelho, onde o vermelho corresponde às freguesias mais danificadas. A opção por estas cores baseou-se numa coerência com os mapas anteriores e também, por ser uma escala standard, que permite uma rápida análise do impacto do sismo e tsunami de 1755.

As consequências do sismo de 1755 não foram catastróficas nesta área porque felizmente não foram registadas mortes. No entanto, quanto aos danos materiais verificados não se pode dizer o mesmo, uma vez que 4 das 14 freguesias registam danos acentuados e outras três apresentam danos moderados (Figura V.25). As principais freguesias afectadas são as que estão mais expostas à acção lagunar e/ou marinha e que actualmente correspondem às freguesias de **São Jacinto, Glória, São Bernardo e Vera Cruz** (Figura V.25).

A somar à destruição física acrescentam-se as mudanças sócio-económicas, uma vez que a partir do séc. XVII, a “laguna”, que estivera na origem de grande parte da riqueza de Aveiro, devido à acumulação das areias, deixa de

estar “aberta ao mar” e a cidade começa a entrar em declínio. O deslocamento da barra deu-se, progressivamente, para a área da Vagueira, seguindo para Sul até Mira, verificando-se no século XVIII, o seu assoreamento completo (Dias, Bernardes & Boto, 1998).

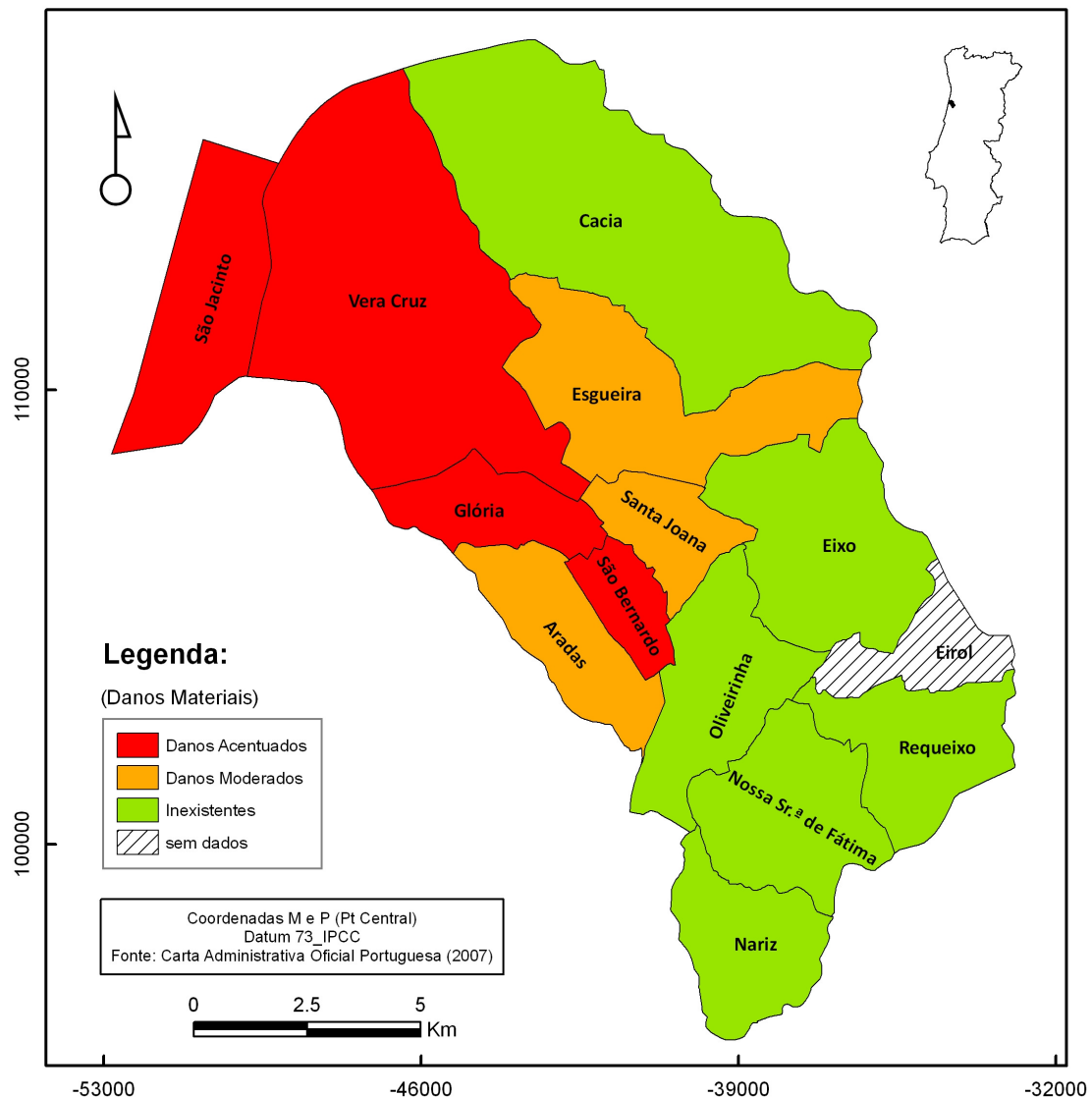


Figura V.25: Representação das freguesias do Município de Aveiro de acordo com os danos materiais verificados como consequência do sismo e tsunami de 1755. Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.

A falta de mantimentos, as doenças e o desânimo social que já se sentiam (ver capítulo III) agravaram-se com terramoto de 1755. O assoreamento total da Barra que impedia o escoamento da água fluvial conjugado com a vaga do

tsunami que atingiu a região em 1755, levou a que a cidade ficasse inundada durante vários meses, cobrindo a região, impedindo o amanho dos campos e a utilização das salinas, para além da estagnação das águas que levou a epidemias e à desertificação da região (Cardoso & Sarmiento, 2006).

Não foram registadas mortes em Aveiro (Cardoso & Sarmiento, 2006), mas o abandono da população após 1755 é registado nos censos de 1756 (Carvalho, 1999). As informações para as freguesias nem sempre existe, e é necessário ter em consideração que até 1972 as freguesias do Município de Aveiro eram apenas 8, ao contrário das actuais 14. O descréscimo de “almas” entre os registos dos anos de 1732 e 1756, foi mais acentuado para a “freguesia de Aveiro”, nomeadamente para o lugar de São Miguel (26%) e Vera Cruz (23%), ao contrário do lugar de Nossa Senhora da Apresentação (18%), local que apresenta valores mais baixos (Carvalho, 1999). Para todos os outros lugares não existem valores comparativos (Carvalho, 1999).

O sismo que terá atingido Aveiro teve uma intensidade entre 6 e 8 graus (escala de Mercalli) e 5 a 6 graus na escala de Richter. Quanto à altura da vaga do tsunami, deverá ter estado entre os 5 m, registados para a cidade de Lisboa, e 1 m, valor registado no Porto (Quadro V.4). O período entre o momento que o sismo principal foi sentido e a chegada da onda deverá ter sido próximo de 1 h 20 min (Oliveira, 2008).

Segundo Sarmiento & Cardoso (2006) terão atingido alguns bairros da vila de Aveiro, que não são contudo especificados. Tendo em conta que o centro económico da cidade estaria no mesmo local do que o actual rossio, então a vila de Aveiro corresponderia possivelmente às freguesias de **Glória e Vera Cruz**.

Localização	Coordenadas	Altura da onda (m)
Porto	8.18°W, 41.15°N	1
Figueira da Foz	8.88°W, 40.14°N	-
Lisboa (Oeiras)	9.08°W, 38.73°N	5
Cabo S. Vicente	8.99°W, 37.00°N	>10

Quadro V.4: Altura das ondas do tsunami associado ao de 1755 (Baptista et al., 2003).

V.2.4.5 Potenciais consequências para a região de Aveiro da ocorrência de novo sismo e tsunami semelhante ao sismo de 1755

As consequências de um potencial sismo com as mesmas características do que o que se verificou em 1755, dependem da potencial repetição do fenómeno, da variação de densidade populacional e do desenvolvimento urbanístico entre 1756 e 2008.

A existência de um sismo “semelhante” ao de 1755, implica que ocorra uma libertação de energia na mesma proporção do que aconteceu a 1 de Novembro do referido ano e no mesmo local.

Esta questão leva-nos até ao contexto geodinâmico que esteve na origem do sismo. Toda a margem Sul-portuguesa tem um risco sísmico associado importante, por estar na vizinhança da fronteira de placas convergente, entre a África e a Eurásia.

Apesar de muita controvérsia e vários modelos terem sido propostos, acreditou-se durante algum tempo que a localização do início de ruptura, que levou ao sismo de 1755, teria sido no Banco de Gorringe. O banco do Gorringe localiza-se a sudoeste do cabo de São Vicente e é um fragmento de crosta oceânica e de manto infra-oceânico exumado talvez antes do Cretácico Inferior. Foi sujeito a levantamento muito importante durante os períodos compressivos da Falha Açores - Gibraltar, localizada a sul do Banco de Gorringe (Dias, 2000) (Figura V.26).

No entanto, a ruptura apenas no Gorringe não é compatível com os tempos de chegada e a altura das ondas do tsunami, pelo que seria necessário ter em conta um modelo mais complexo, envolvendo ruptura numa zona mais extensa da margem SW portuguesa, a leste do Banco de Gorringe, incluindo a falha Marquês de Pombal e a falha da Ferradura (Carvalho, Costa e S.Oliveira, 2004; Terrinha *et al.*, 2003; Zitellini *et al.*, 2004)

A probabilidade do sismo voltar a acontecer pode ser analisada pela casualidade sísmica. Esta define-se como a **probabilidade de ocorrência** de um sismo com uma certa severidade, dentro de um determinado período de tempo, numa dada área (Candeias, 2000, *in* Filipe, 2008), expressando-se, normalmente,

pelo período de retorno. Dada a complexidade da estrutura na origem do sismo de 1755 ainda não totalmente esclarecida, e por se tratar de um sismo extremamente intenso, com uma probabilidade de excedência de difícil quantificação, não há grande consenso quanto ao período de retorno, para o qual se sugerem valores entre os 250 e os 2000 anos. De acordo com a Figura V. 27, onde se expõem as mais importantes fontes sísmicas portuguesas, podemos observar que um sismo com a magnitude de 8.7, como o que aconteceu em 1755, teria um período de retorno esperado, caso o epicentro se localizasse na área do Banco do Gorringe, de mais de 2000 anos.

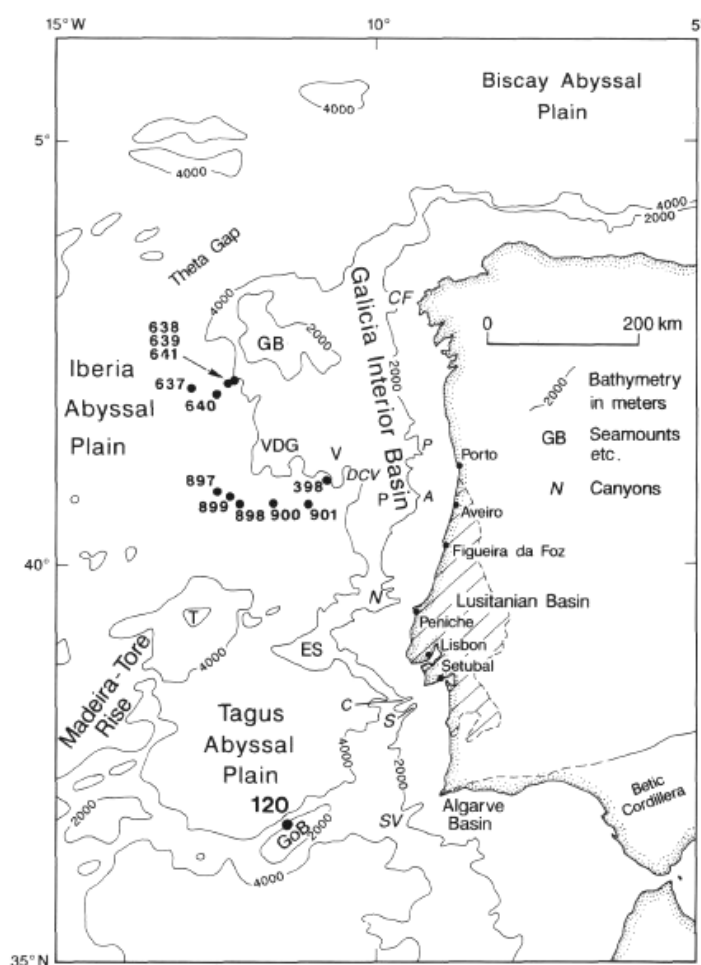


Figura V.26: Mapa da margem oeste Ibérica. Batimetria indicada em metros, canhões submarinos (a itálico): P = Porto; A = Aveiro; DCV = Dom Carlos Valley; C = Cascais; S = Setúbal; N = Nazaré; CF = Cape Finisterra; SV = Cape Saint Vincent. Outras morfologias: GB = Banco da Galicia; P = Monte Submarino Porto; T = Monte Submarino Tore; V = Monte Submarino Vigo; VDG = Monte Submarino Vasco de Gama; ES = Esporão da Estremadura; GoB = Banco de Gorringe (Pinheiro et al., 1996)

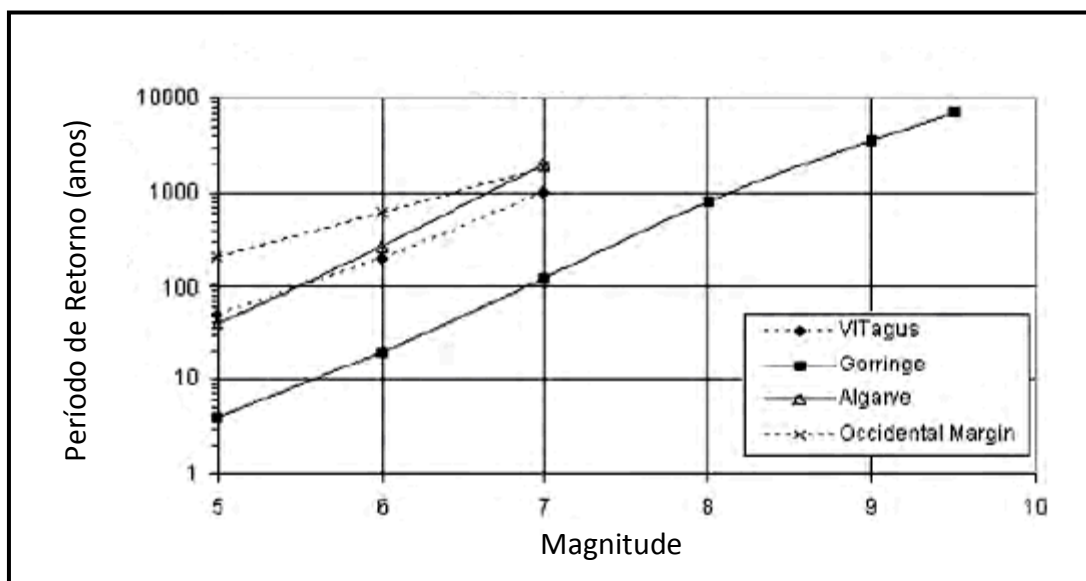


Figura V.27: Probabilidade de ocorrência de sismos em Portugal Continental e nas suas proximidades (Rio, 1996 in Oliveira, 2008)

A elaboração de uma curva de casualidade sísmica para o sismo de 1755 em Aveiro e assumindo um modelo mais complexo para a fonte sísmica, em que a ruptura envolva uma zona mais extensa da margem SW portuguesa, será de máxima importância, no sentido de se definir a probabilidade de ocorrência deste determinado fenómeno.

Definir o risco implica definir a probabilidade do fenómeno acontecer (no caso de um sismo, através da casualidade sísmica), mas também as consequências que esse fenómeno terá sob a ocupação humana. Como se pretende comparar duas épocas históricas, e as consequências do sismo estão sempre relacionadas com a ocupação humana, é preciso avaliar a variação desta última na região, salientando variações de densidade populacional e alterações na sobreocupação do litoral costeiro.

Numa primeira fase, far-se-á uma **avaliação da variação da densidade demográfica** entre 1756 e 2001.

Para efeitos da compreensão da variação da densidade populacional entre 1756 e 2001, foram incluídos na Base de Dados ArcGis os valores de densidade populacional em 1756, para o Município de Aveiro disponíveis em Sarmiento & Cardoso (2006) (Figura V.28).

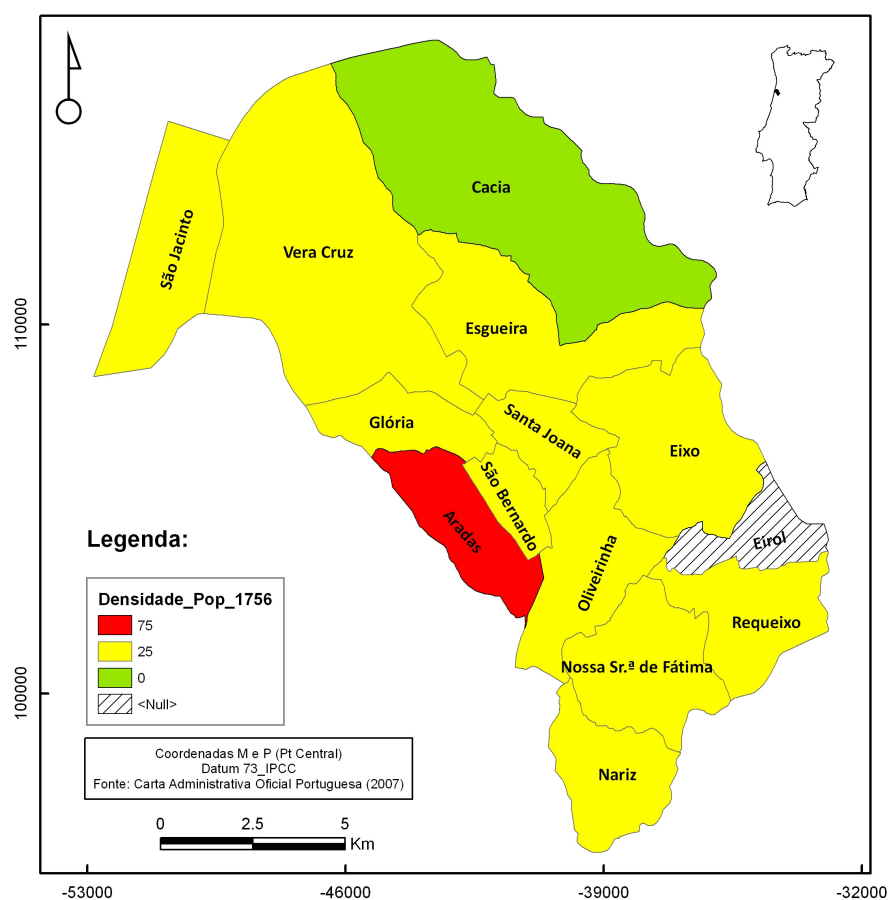


Figura V.28: Densidade demográfica em 1756, sobre a carta administrativa oficial portuguesa para o Município de Aveiro (2007) (Adaptado de Sarmento & Cardoso, 2006). Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.

Com base na informação relativa aos danos sofridos como consequência do sismo e tsunami de 1755 e à densidade populacional em 1756 para cada uma das freguesias do Município, foi elaborado o esquema apresentado no Quadro V.5 e da figura V.29.

Aradas	Cacia	Eiról	Eixo	Esgueira	Glória	Nariz	Oliveirinha	Requeixo	São Bernardo	São Jacinto	Santa Joana	Vera Cruz	Nossa Senhora de Fátima
Classificação quanto aos Danos Causados pelo sismo e tsunami de 1755													
Verde	Hachurado	Hachurado	Verde	Verde	Vermelho	Verde	Verde	Verde	Vermelho	Vermelho	Verde	Vermelho	Verde

Quadro V.5: Classificação das freguesias do Município de Aveiro quanto aos danos causados pelo sismo e tsunami de 1755.

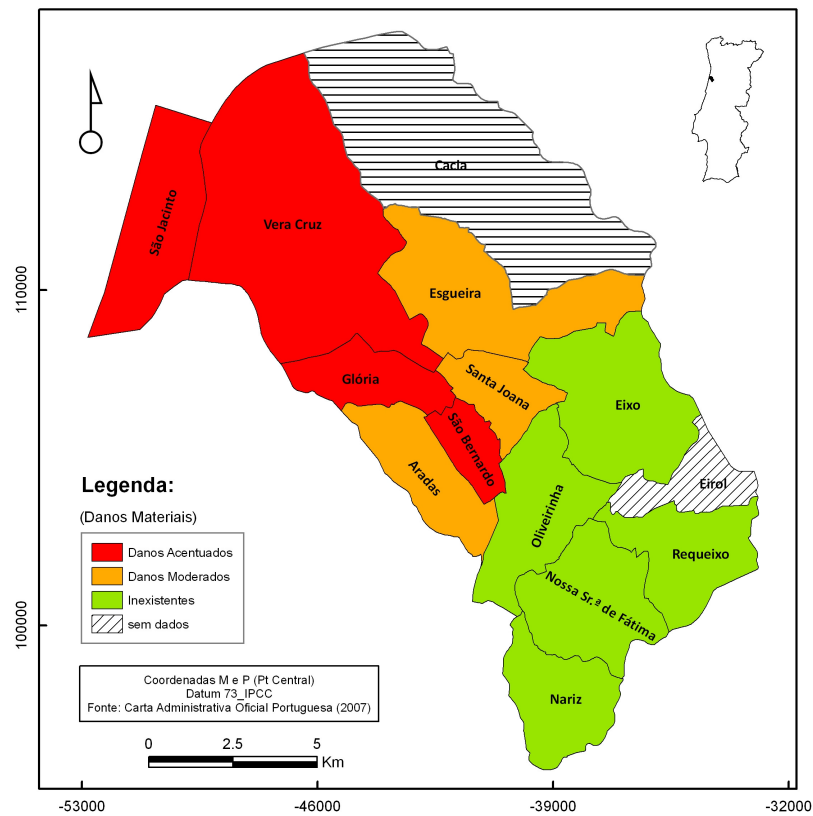


Figura V.29: Classificação das freguesias do Município de Aveiro quanto aos danos causados pelo sismo e tsunami de 1755

A freguesia de Cacia foi classificada como “ausência de dados” porque conjugava dois factores: densidade populacional nula em 1756 e danos nulos. Esta associação de atributos não garante que a ausência de danos esteja associada à ausência do efeito do sismo e tsunami nesta freguesia, podendo simplesmente resultar da inexistência de infraestruturas humanas na mesma. As cores usados na mapa foram escolhidas, na escala vermelho-verde, por forma a permitir a fácil leitura e a manter a coerência com os outros mapas.

Por forma a avaliar a variação da densidade demográfica entre as duas épocas foi elaborado o mapa da Figura V.31. A sua realização foi conseguida com recurso à Base de Dados desenvolvida, e ao cálculo de um novo atributo “Variacao_Dens_Pop_1756_2001”. A operação aritmética realizada correspondeu à divisão dos valores de densidade actuais (dados de 2001; Figura V.30) pelos

valores de 1756 (Sarmento e Cardoso, 2006; Figura V.27), que resultaram numa constante na ordem das dezenas – factor multiplicativo.

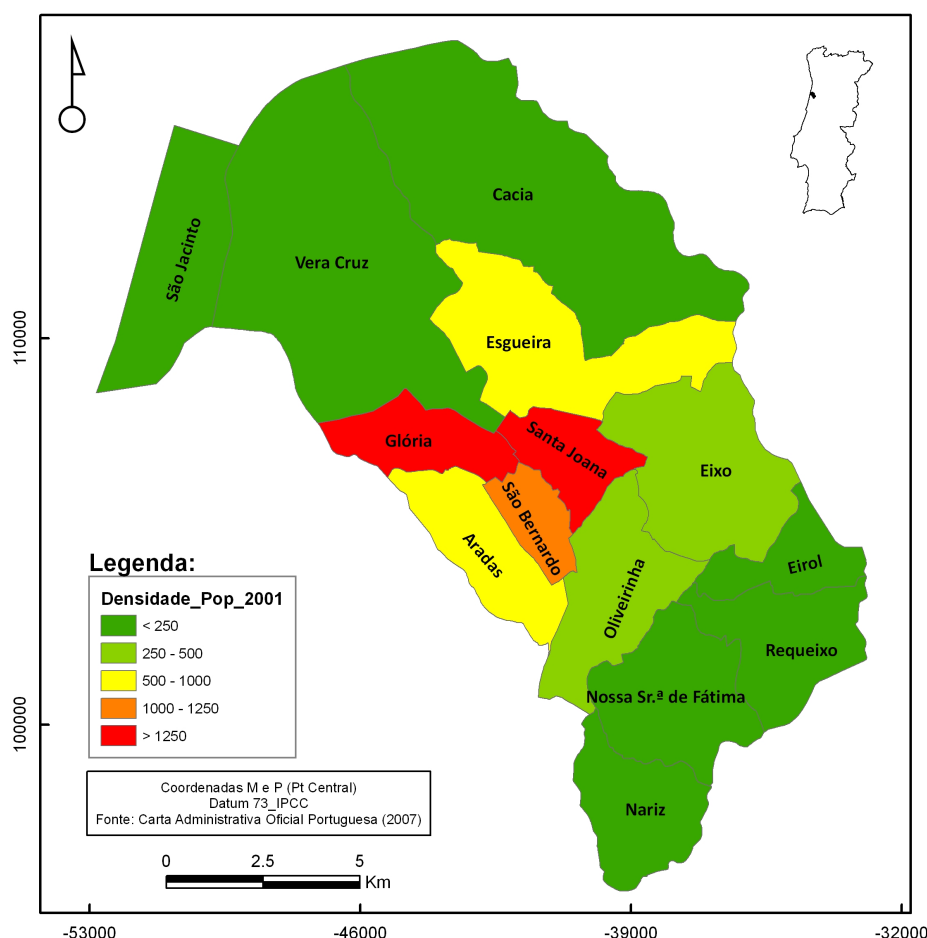


Figura V.30: Freguesias do Município de Aveiro classificadas de acordo com a densidade populacional em 2001 (Fonte: Pinto, 2004). Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.

É necessário realçar os casos das freguesias de Cacia e Eirol. Relativamente ao primeiro caso, é sugerido um aumento superior a 50 vezes, uma vez que em 1756 a densidade populacional era nula, apesar de se encontrar entre uma das freguesias com menor densidade populacional do Município (Figura V.30). Quanto a Eirol, surge a indicação de que não há dados, uma vez que é uma freguesia para a qual não dados de densidade populacional referentes a 1756.

Valores demográficos de 1756 mostram que apenas numa das freguesias de Aveiro - Aradas - a densidade populacional rondaria os 75 habitantes por km²

(Figura V.26). Actualmente, a mesma freguesia, apresenta um valor de densidade populacional entre 500 e 1000 habitantes por km² (Figura V.30), o que revela que esta terá aumentado mais de dez vezes (Figura V.31).

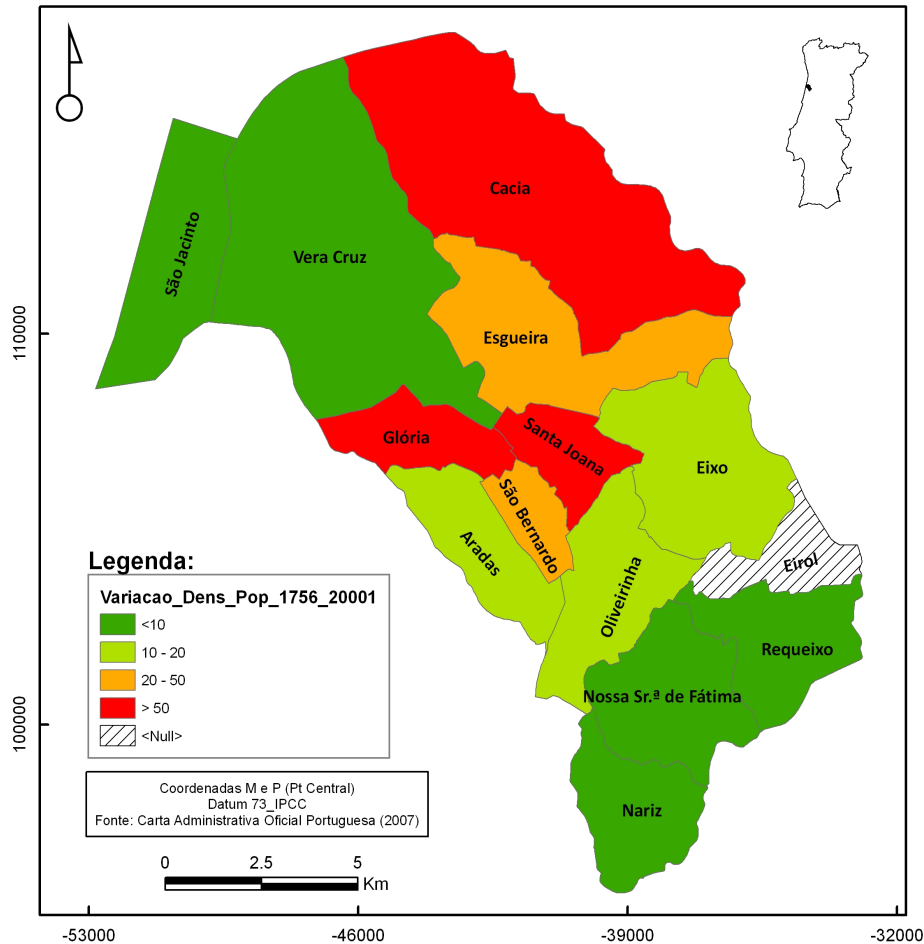


Figura V.31: Freguesias do Município de Aveiro classificadas de acordo com a Variação da densidade populacional entre 1756 e 2001, apresentada como factor multiplicativo. Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.

As freguesias da **Glória e de Santa Joana** são freguesias que, actualmente apresentam uma densidade populacional elevada, e que sugerem aumentos de 50 vezes relativamente a 1756.

Para além das variações demográficas no Município, é preciso ainda considerar o factor de sobreocupação humana, relativamente ao qual se pode citar o exemplo actual do cordão dunar que liga Ovar a São Jacinto, assim como mais a Sul, na zona da entrada da Barra (figura V.32). Com efeito, é importante

ter consciência que o panorama da ocupação humana em zonas costeiras se agravou e facilmente se encontram construções a 250 metros do mar (Figura V.32).

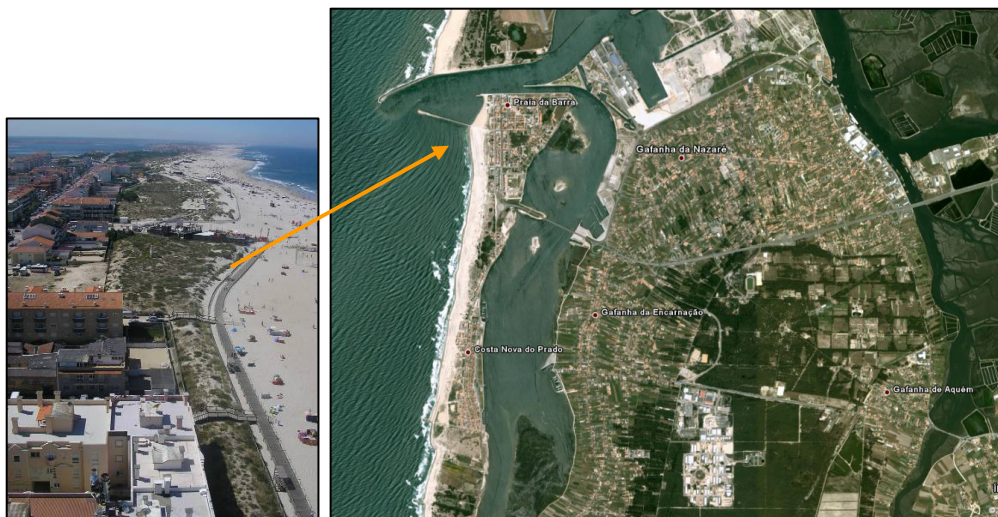


Figura V.32: Zona da Barra, Costa Nova e Gafanha da Nazaré, onde é evidente a sobreocupação da região, em zona de forte exposição marinho-lagunar (Google Earth).

As **infraestruturas existentes** relacionam-se com a densidade populacional, se se tiver em consideração que, onde o homem existe, há infraestruturas a ele associadas. Talvez se possa mencionar, de uma forma genérica, que a variação da densidade populacional será semelhante à variação do património urbanístico existente. Infelizmente, não existem dados que permitam fazer essa comparação.

A única freguesia costeira do Município de Aveiro é São Jacinto. Apesar do litoral costeiro entre Mira e Ovar aparecer densamente povoado, São Jacinto tem características diferentes. A sua localização geográfica, numa das margens da Barra de Aveiro, distancia a freguesia do centro citadino de Aveiro, uma vez que o acesso só é possível por embarcação ou, então por estrada, através de Ovar, contornando a Ria de Aveiro na zona Norte, o que torna a viagem longa.

As características geomorfológicas acabam por “distanciar” a freguesia da típica sobreocupação costeira. A presença do homem está marcada por um conjunto habitacional, sobretudo na zona mais próxima do Porto de Aveiro, existindo ainda uma base e aeroporto militar, assim como a Reserva Natural de São Jacinto (Figura V.33). É a única freguesia predominantemente rural do

Município (capítulo III) e uma das que verificou danos acentuados depois do sismo de 1755.



Figura V.33: Fotografia aérea da freguesia de São Jacinto. (a) Representação de toda a freguesia, com indicação a laranja da localização da foto b); (b) Pormenor da zona urbanizada, do Porto de Aveiro (canto inf. Direito) e da base militar (Google Earth).

A Ria de Aveiro é considerada uma *Zona de Protecção Especial* (CCDRC), pelo que a possibilidade de prejudicar este sistema deve ser considerado na avaliação de Risco. As freguesias adjacentes ao ecossistema da Ria de Aveiro são: **Cacia, Esgueira, Glória, São Jacinto e Vera Cruz.**

Neste sentido, propõem-se a classificação das freguesias do Aveiro segundo a existência ou não de zonas protegidas ou de património nacional/mundial (Quadro V.6 e Figura V. 34).

Aradas	Cacia	Eirol	Eixo	Esgueira	Glória	Nariz	Oliveirinha	Requeixo	São Bernardo	São Jacinto	Santa Joana	Vera Cruz	Nossa Senhora de Fátima
Classificação quanto à existência de Zonas Protegidas ou de património Nacional/Mundial													

Quadro V.6: Classificação das freguesias do Município de Aveiro quanto à existência no seu território administrativo de zonas protegidas ou de património nacional/mundial.

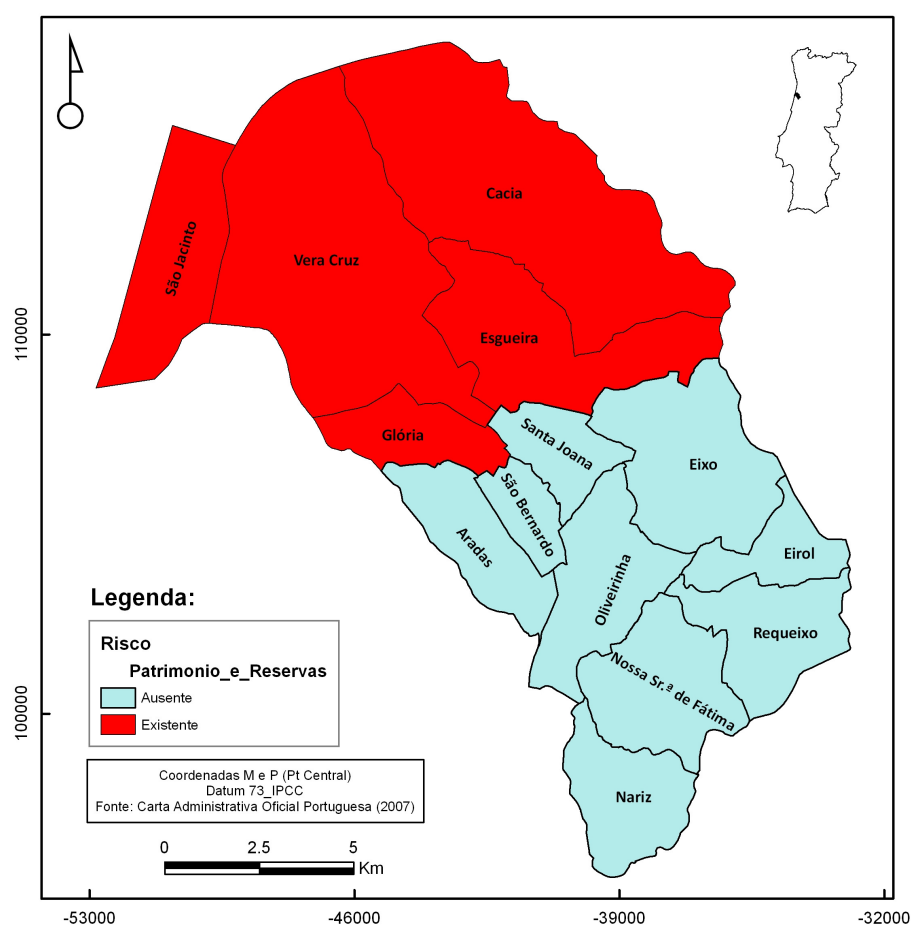


Figura V.34: Classificação das freguesias do Município de Aveiro quanto à existência no seu território administrativo de zonas protegidas ou de património nacional/mundial.

Para além da ocupação urbana e da densidade populacional, é preciso considerar ainda as **características das estruturas edificadas actuais**. As construções, que em 1755 se caracterizavam como simples e ligeiras (Sarmento e Cardoso, 2006), são hoje muito mais resistentes, nem que seja por imposição legal (Figura V.35).

Anteriormente retratada com elevada negatividade, a sobreocupação no litoral tem um aspecto “menos negativo”, devido ao facto de grande parte da ocupação desta zona costeira ser **sazonal**. Assim, ou seja, muitos dos edifícios são apenas utilizados como apartamentos de férias, o que faz com que a ocupação predomine entre os meses de Junho e Setembro, inclusivé. Fora da “época alta” e como consequência da diminuição da densidade populacional sazonal, no caso de uma catástrofe, as consequências do fenómeno na ocupação

humana são reduzidas drasticamente. Este aspecto particular deve ser tido em conta numa análise de risco para esta área.



Figura V.35: Tipo de Construções que caracterizam a zona da Barra. Construções em cima do cordão dunar que separa o mar e a Ria de Aveiro.

V.2.4.6 Liquefacção e Tsunamis – Consequências dos sismos

Os tsunamis e liquefacção dos terrenos são, entre outros, fenómenos naturais que podem ocorrer como consequência de um evento sísmico, agravando os efeitos que um sismo, só por si, já provoca.

Quando a actividade sísmica é gerada no oceano, pode ser acompanhada por **tsunamis**, série de ondas destruidoras e poderosas, provocando grandes destruições em estruturas costeiras ou ribeirinhas (embarcações, casas, pontes, etc.). Em Portugal Continental, a ocorrência de tsunamis, resultantes da actividade sísmica tem sido fundamentalmente registada no Algarve, na Península de Setúbal e em Lisboa (SPB).

O Instituto de Meteorologia, responsável nacional pela vigilância sísmica, tem desenvolvido várias iniciativas no sentido de se dotar da tecnologia e conhecimento necessários para assegurar a operacionalidade do Sistema Nacional de Alerta de tsunamis, que se pretende instalar. Será constituído por três componentes: detecção sísmica, detecção de tsunami e emissão de avisos e alertas (IM).

Em Agosto de 2007, foi instalado o primeiro observatório subaquático nacional de tsunamis, do sistema de alerta para ondas gigantes no Oceano Atlântico, o Geostar (www.correiodamanha.pt; www.i-gov.org). Este foi colocado ao largo da costa portuguesa, a cerca de cem quilómetros a sudoeste do cabo de São Vicente e a 3200 metros de profundidade, junto às falhas do Marquês de Pombal e da Ferradura, uma das zonas da Europa com mais potencial de geração de tsunamis (www.correiodamanha.pt; www.i-gov.org).

Face ao sismo de 1755, os registos históricos existentes para a área em estudo (Sarmiento e Cardoso, 2006), apenas nos indicam a quantidade de danos e não referem se estes decorreram da agitação do solo, ou de uma grande vaga marinha. Apesar desta lacuna na informação, poderemos assumir que as freguesias que apresentaram danos acentuados (Figura V.25) continuariam a ser aquelas que sofreriam mais. Do mesmo modo, a proximidade ao mar é um factor a considerar.

Neste sentido, é-nos possível caracterizar como freguesias em que os danos do sismo serão potencialmente acentuados: São Jacinto, Vera Cruz, Glória e São Bernardo. No entanto, São Jacinto, pela sua exposição costeira, seria certamente a mais afectada, seguindo-se provavelmente as freguesias da Vera Cruz e da Glória, que são as que se encontram mais perto da foz do rio Vouga, e correspondem às freguesias onde se terão dado as inundações mais significativas aquando do sismo de 1755.

Estas são as conclusões que se podem tirar a partir dos dados históricos. No entanto, as condições geomorfológicas mudaram bastante, no que diz respeito à morfologia da cordão dunar. Esta geoforma que se encontrava aberta junto a Mira, apresenta actualmente uma abertura artificial ao mar, num local bastante próximo do centro comercial do Município.

Assim sendo, os efeitos que a vaga de um tsunami teria seriam provavelmente bastante diferentes. De uma forma muito geral e considerando a vaga máxima de 5 m, como é sugerido em Baptista (2003), podemos concluir que estando a barra aberta em frente a Aveiro, não é tão prejudicial para a cidade como se poderia pensar, uma vez que os valores de altimetria de São Jacinto são em média iguais ou superiores a 5 m, funcionando como um obstáculo (Figura

V.36). Relativamente ao Porto de Aveiro o mesmo não se pode dizer, uma vez que se encontra totalmente exposto à entrada da Barra. No entanto como os dados incluídos na Base de Dados dizem respeito apenas ao Município de Aveiro, e o Porto se encontra localizado no Município de Ílhavo, nada mais se pode concluir.

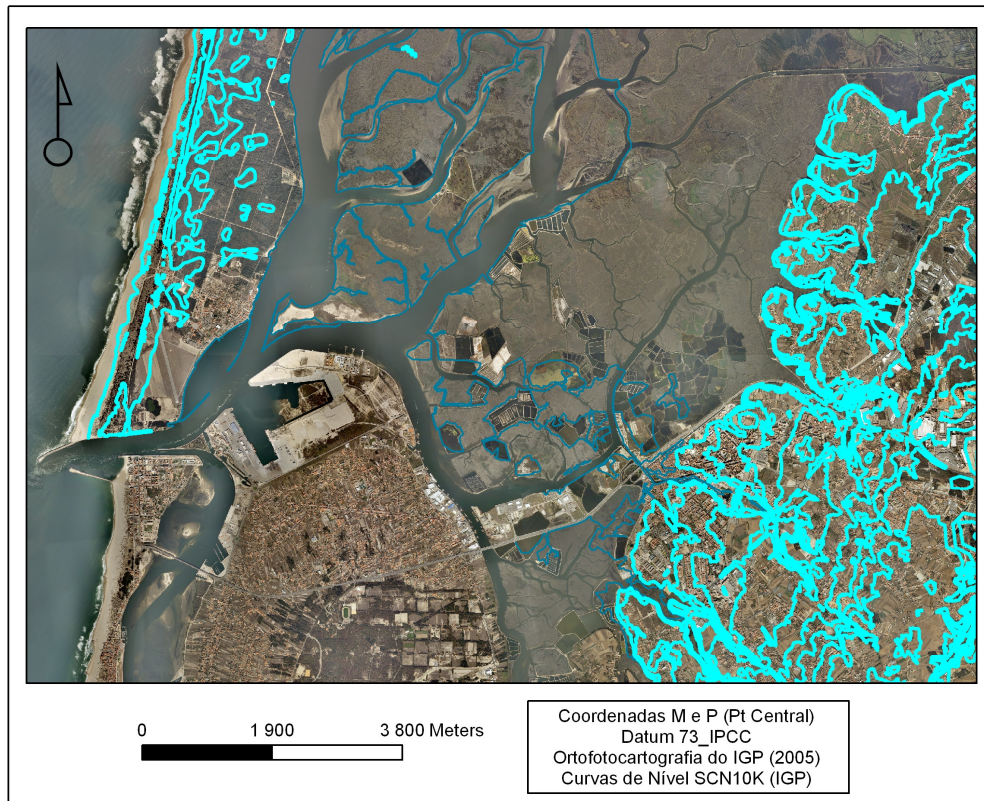


Figura V.36: Análise da altimetria, através das curvas de nível, nas freguesias mais próximas da zona costeira e da abertura da barra de Aveiro. Indicação a azul claro, das curvas de nível correspondentes a cotas superiores ou iguais a 5 m e a azul mais escuro indicam-se as curvas de nível que identificam cotas inferiores a 5 m. Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.

A modelação detalhada da propagação de uma vaga de tsunami é bastante complexa. Existem equipas científicas portuguesas a trabalhar nesta modelação (Baptista, A.; Miranda, J.M.) , pelo que seria da maior importância para o Município Aveiro a simulação das potenciais consequências deste fenómeno tendo em linha de conta a batimetria e morfologia da região.

Para além dos tsunamis, é preciso ainda considerar um outro efeito que surge associado aos sismos que é a **liquefacção dos terrenos**.

De uma forma simples, a liquefacção consiste na passagem de um solo em estado granular para um estado liquefeito. Como consequência de um grande abalo sísmico a areia tende a ser compactada. Se a água entre os poros não consegue sair instantaneamente, pelo menos nos grãos mais finos, e se a pressão da água igualar as tensões totais desse solo, as tensões efectivas resistentes das partículas anulam-se e o solo fluidifica, comportando-se como um fluido de baixa viscosidade (PROT-Algarve, 2004) (Figura V.37).

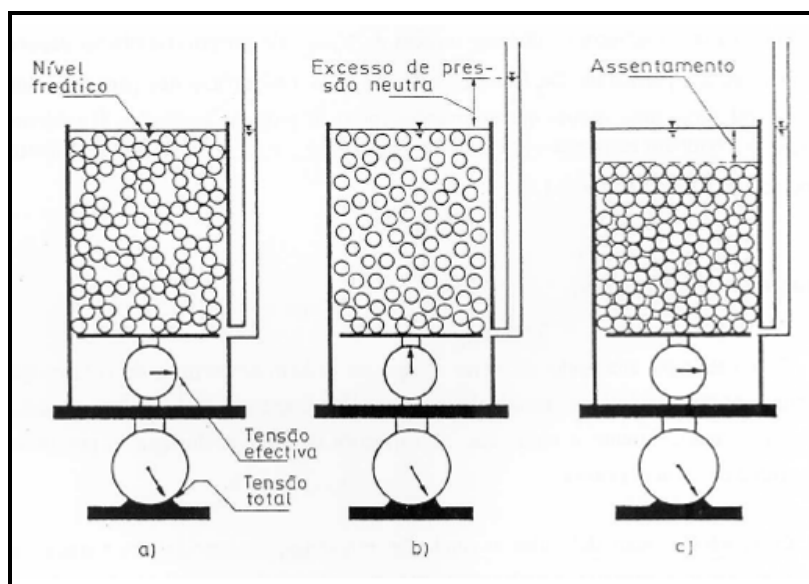


Figura V.37: Esquema simplificado para explicar a liquefacção: a) antes da liquefacção, b) durante a liquefacção e c) após a liquefacção (ISHIHARA, 1985, in Carreira, 2005).

A liquefacção resulta em danos severos como defeitos nas fundações (nas áreas mais declivosas) e danos nas infraestruturas, tais como, auto-estradas, caminhos-de-ferro e sistemas de distribuição de água e gás. Os solos mais favoráveis são os equigranulométricos e saturados. Alguns exemplos são os depósitos fluviais, aluvionares e aéreos (deltas fluviais, praias, terraços e depósitos estuarinos) (PROT-Algarve, 2004; Carreira, 2005).

Aveiro reúne assim um conjunto de razões para que a liquefacção seja um risco real uma vez que grande parte das formações geológicas se enquadram nos solos descritos como os mais susceptíveis à liquefacção. Esta foi a razão para

incluir nesta Base de Dados SIG a carta de Zonamento Geotécnico de Aveiro, que é fundamental para se analisar este aspecto.

Segundo Gomes (1992), na área urbana e suburbana de Aveiro, identificam-se como unidades geotécnicas mais representativas os terraços de praias antigas (42.5%), seguido das areias dunares (25%) (Figura V.38) (capítulo IV). Relativamente ao risco de liquefacção, salientam-se as areias dunares que apresentam as características litológicas mais favoráveis a este fenómeno, devido à sua granulometria quase uniforme.

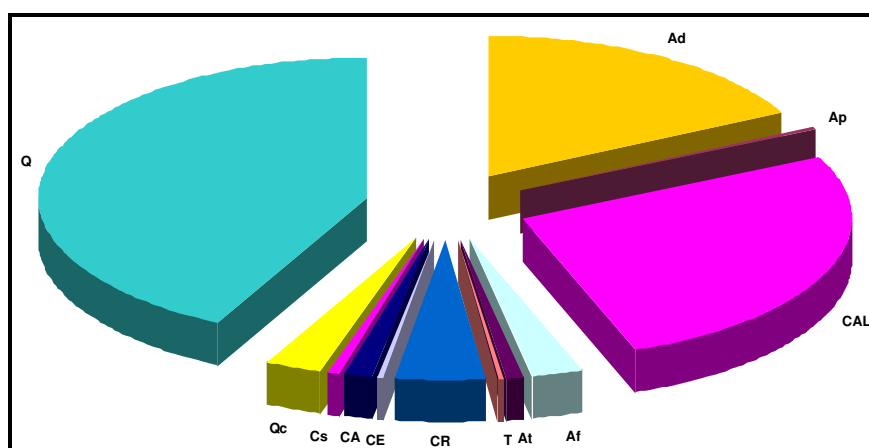


Figura V.38: Áreas aflorantes das unidades geotécnicas em estudo (Adaptado de Gomes, 1992). At –Aterros; Af - Aluviões Fluviais; l – Lodos; al - Areias lodosas; Ap - Areias de praia; Ad -Areias dunares; Q - Terraços de Praias Antigas; Qc - Terraços Fluviais antigos; Cs - Complexo silto-argiloso; CA - “Argilas de Aveiro”; CE - Complexo Argilo-Arenoso; CR - Complexo Arenoso-siltoso; T – Arenitos; X – Xistos.

Com recurso à Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho foi desenvolvido um mapa sobre o potencial risco de liquefacção na região de Aveiro. Este risco foi assumido como tendo relação directa com a existência da unidade geotécnica “Areias Dunares”.

Na Figura V.39 observa-se que as zonas de potencial risco não estão definidas dentro dos limites administrativos do Município e surgem sobretudo na zona Sul do cordão dunar e na zona da "Gafanhas". A digitalização das restantes cartas de Zonamento Geotécnico será indispensável para completar este elemento cartográfico e concluir a avaliação do risco de liquefacção nas freguesias de Aveiro.

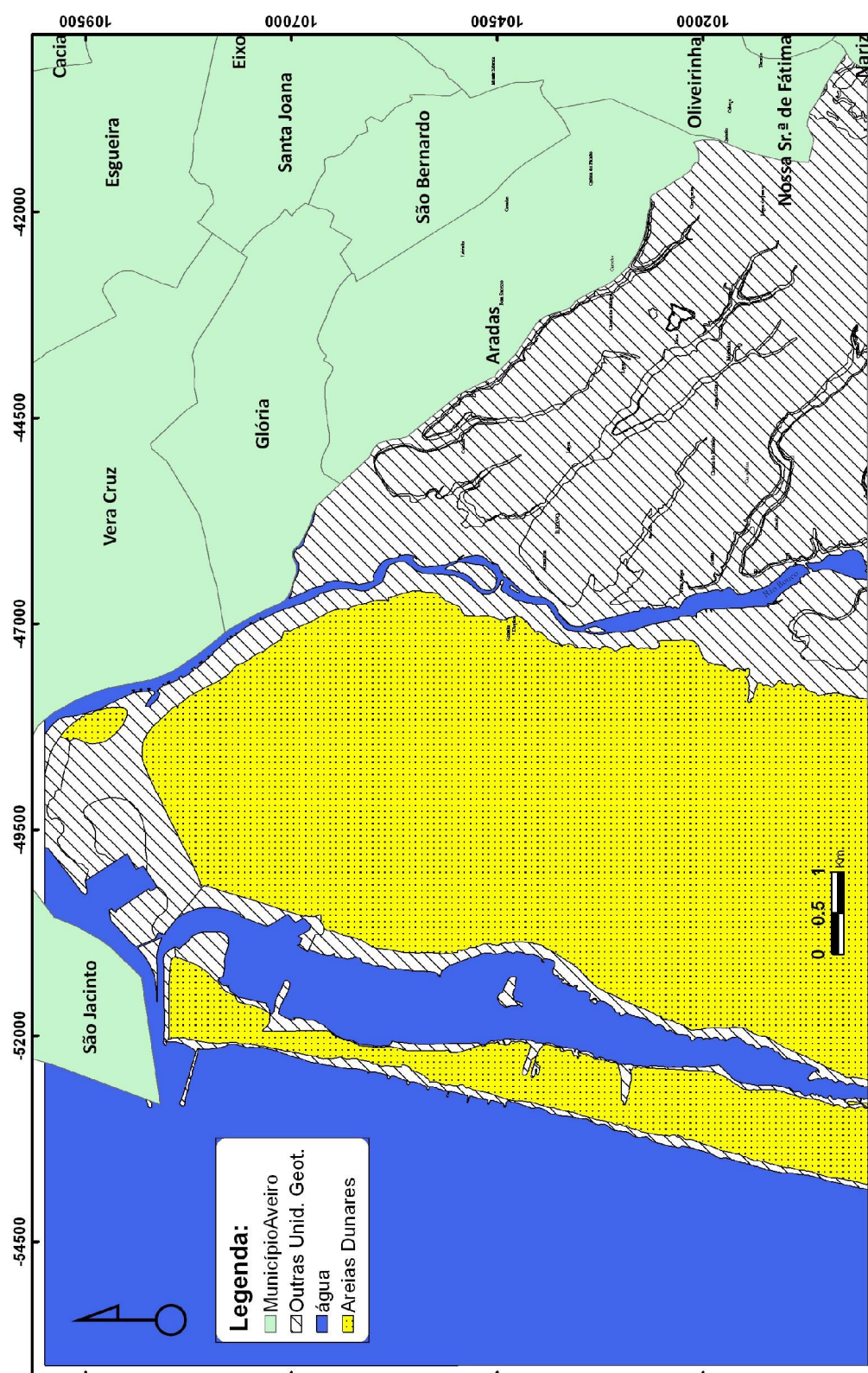


Figura V.39: Carta de potencial de risco de liquefacção, com base na localização das areia duneres cartografadas por Gomes (1992). Mapa produzido utilizando a Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho.

A saturação dos solos é outro dos factores que influencia a liquefacção e depende do nível freático. A Figura V.40 é uma representação da superfície piezométrica de Aveiro, que pode ser consultada caso se pretenda classificar um solo, como saturado ou não, relativamente a determinada cota.

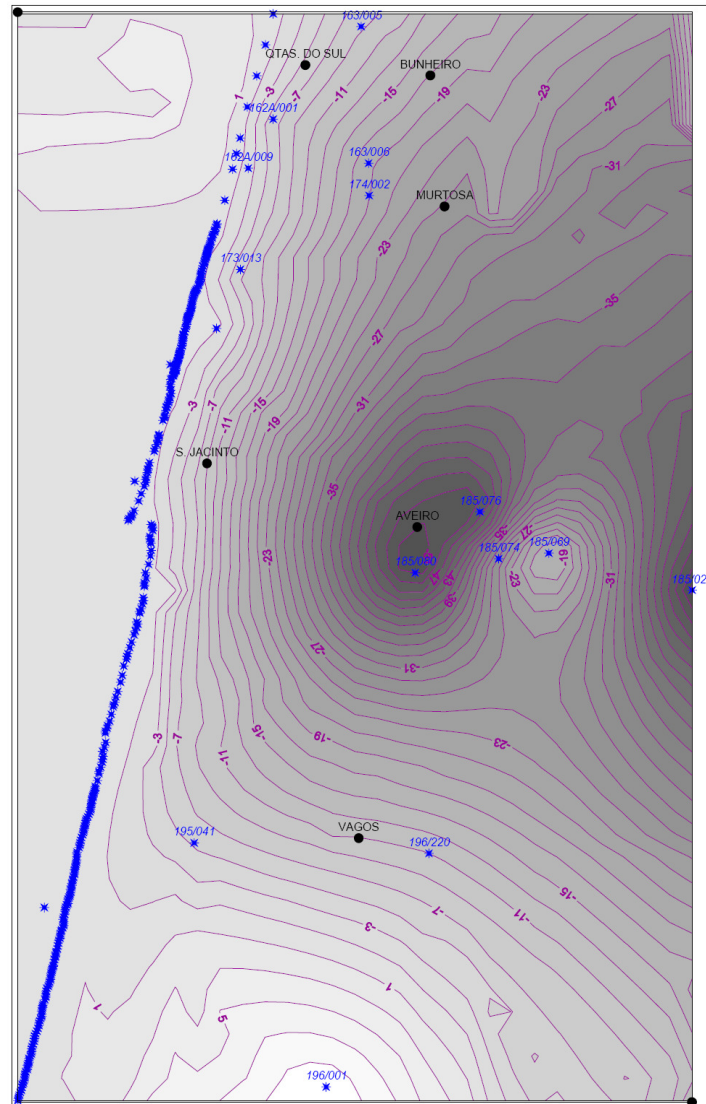


Figura V.40: Superfície Piezométrica referida a Agosto de 1996 (Serrano e Garcia, 1997 in CCDRC, 1999).

A ausência de informação cartográfica neste mapa, que permitisse a sua georeferenciação, impossibilitou que esta importante informação relativamente ao Município fosse incluída na Base de Dados SIG desenvolvida neste trabalho. Pretende-se incluí-la contudo num trabalho futuro.

V.3 Riscos Antropogénicos associados com Derrames Petrolíferos

Se, de facto, durante muitos séculos as catástrofes se limitaram aos fenómenos de origem natural, a evolução tecnológica, a criação de novos tipos de indústrias, a utilização de mais e maiores quantidades de substâncias perigosas provocou a surgimento de um outro tipo de acontecimentos catastróficos – os acidentes tecnológicos ou de origem antropogénica.

Os principais Riscos Tecnológicos a considerar estão relacionados com a armazenagem, transporte e utilização de substâncias perigosas. Particular atenção deve ser dada à localização e instalações associadas aos Gasodutos e Oleodutos (Figura V.2), e às aplicações de matérias perigosas, nomeadamente químicas e radiológicas, nas indústrias, medicina e investigação científica (ANPC). Também devem ser incluídos os acidentes rodoviários com veículos transportadores de substâncias deste tipo, que acabam por resultar na poluição de cursos de água ou dos solos.

Dentro dos variados riscos tecnológicos citados, uma das situações que nos parece pertinente avaliar, sobretudo tendo em conta que a nossa área de estudo “sofre” de forte influência fluvio-marinha, são os derrames petrolíferos. Não se pretende dizer contudo que os outros riscos que são citados acima não sejam igualmente relevantes, e a sua análise constitui uma proposta de trabalho a desenvolver no futuro.

V.3.1 Tráfego de Petroleiros

O petróleo controla a economia mundial, mas não é um recurso de todos. Como consequência, a circulação desta fonte de energia é um “mal necessário”, e este transporte faz-se em petroleiros que navegam pelos oceanos do nosso planeta.

A intensidade deste tráfego pode ser concluída através da Figura V.41 e o Quadro V.7, a partir da qual se pode verificar o intenso tráfego de petroleiros no

mundo, tendo correspondido, em 2005, a 37.5% (percentagem de tonelagem), dos principais tipos de navios a circular no mundo (MOPTC, 2006).

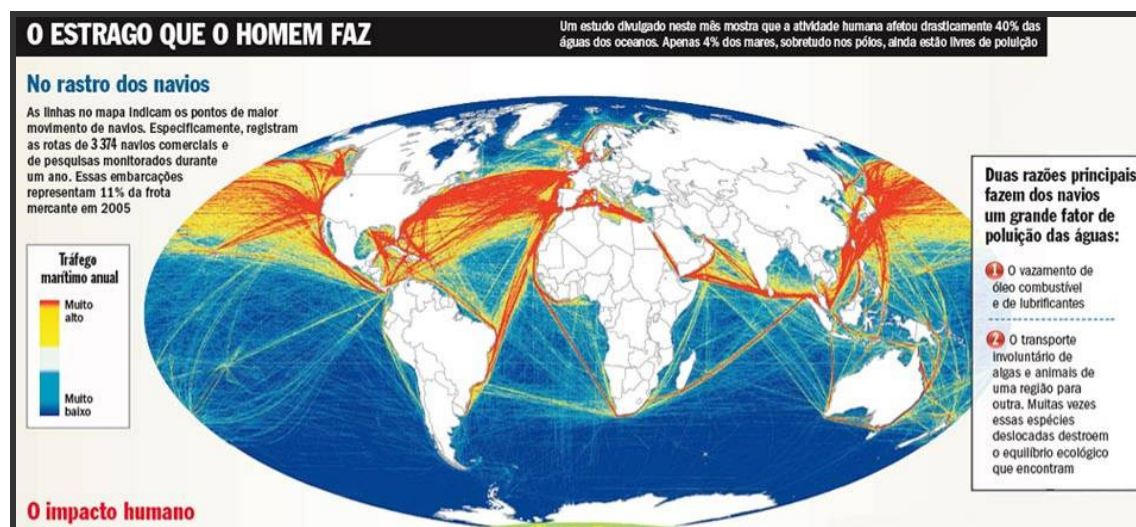


Figura V.41: Tráfego de navios a nível mundial (site: "veja.abril.com.br").

Tipos de Navios	2003 (%)	2004 (%)	2005 (%)
Petroleiros	36.1	37.0	37.5
Granéis	35.6	35.9	35.8
Carga Geral	11.5	11.1	10.3
Contentores	9.8	10.6	10.9
Gás Liquefeito	2.3	2.4	2.5
Químicos	1.0	0.9	0.9
Passageiros	0.7	0.6	0.6
Outros	3.0	1.3	1.5

Quadro V.7: Frota mundial, com indicação dos principais tipos de navios (valores dados em % de tonelagem) (Adaptado de Review of Maritime Transport, 2005 in MOPTC, 2006).

Na sequência do acidente do Prestige, em 2002, com o derrame de 77 000 toneladas de fuel-óleo (www.mohid.com), a Organização Marítima Internacional (OMI) passou a apoiar medidas que promovam a protecção das zonas costeiras e

que afastem as rotas dos navios que transportam cargas poluentes (www.marinha.pt).

Desta forma, foram definidas novas posições para os Esquemas de Separação de Tráfego (EST) nacionais e passaram a existir dois corredores de tráfego, em cada sentido. Os navios que transportam cargas perigosas para o meio marinho circulam nos corredores respectivos mais afastados da costa e os restantes navios passam a circular nos corredores respectivos interiores (Figura V.42), fazendo com que a distância à costa do corredor mais interior passe de 9 para 14 milhas (www.marinha.pt).

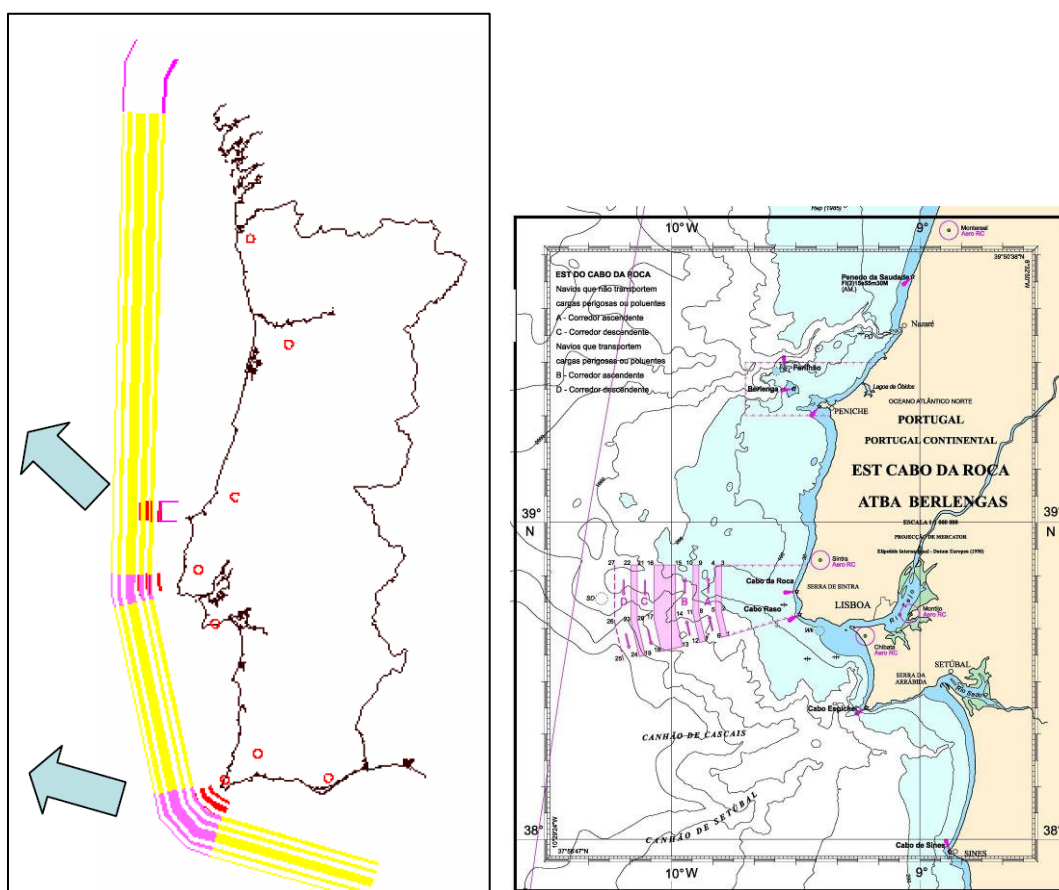


Figura V.42: Esquemas de Separação de Tráfego. (a) Corredores de tráfego na costa portuguesa ; (b) Pormenor da zona do Cabo da Roca (Fonte: MOPTC, 2008).

Estas medidas têm como base a necessidade de proteger os recursos costeiros e a biodiversidade do interface litoral.

O grande benefício é permitir um período mais alargado de acção, em caso de acidente, para tomar as medidas necessárias à protecção da costa, ou no auxílio junto dos navios sinistrados, como por exemplo dar tempo para que se coloquem barreiras de combate à poluição junto às zonas sensíveis da costa antes da poluição atingir o litoral, ou permitir a vinda de rebocadores do porto mais próximo, em tempo útil, antes do encalhe dos navios sinistrados.

Para além disso, os novos Esquemas de Separação de Tráfego permitem que a passagem dos navios não interfira na actividade piscatória que é exercida na faixa costeira até a algumas milhas da costa. A sua implementação vai contribuir, também, para a preservação do ambiente marinho e das zonas costeiras.

Os esforços para a protecção litoral convergiram ainda na criação de um sistema de segurança (previsto para entrar em funcionamento em finais de 2007) em toda a linha costa, o VTS (Vessel Traffic System) permitindo assim um controle mais apertado e rigoroso das embarcações que atravessam a ZEE.

Estes novos procedimentos e sistemas estão interligados com o “Plano Mar Limpo” aprovado em 1993 pelo conselho de Ministros, cujo objectivo é o combate à poluição das águas marinhas, portos, estuários e trechos navegáveis por hidrocarbonetos e outras substâncias perigosas.

V.3.2 Risco de Derrame na Região de Aveiro

O risco de derrame de petróleo é real na região de Aveiro, dada a exposição do Município a uma enorme massa de água, o Oceano Atlântico e à Ria de Aveiro.

Estima-se que por dia passam pela Zona Económica Exclusiva portuguesa cerca de doze petroleiros, sobretudo junto à costa continental (Mota, 2003) (Figura V.43).



Figura V.43: Zona Económica Exclusiva Portuguesa e perspectivas de extensão da área sob jurisdição nacional ("Plataforma Continental")(EMEPC).

O Porto de Aveiro faz parte de um dos cinco portos comerciais que constituem o sistema portuário comercial principal de Portugal continental, administrado pela APA (Administração do Porto de Aveiro) (Figuras V.44 e V.45).

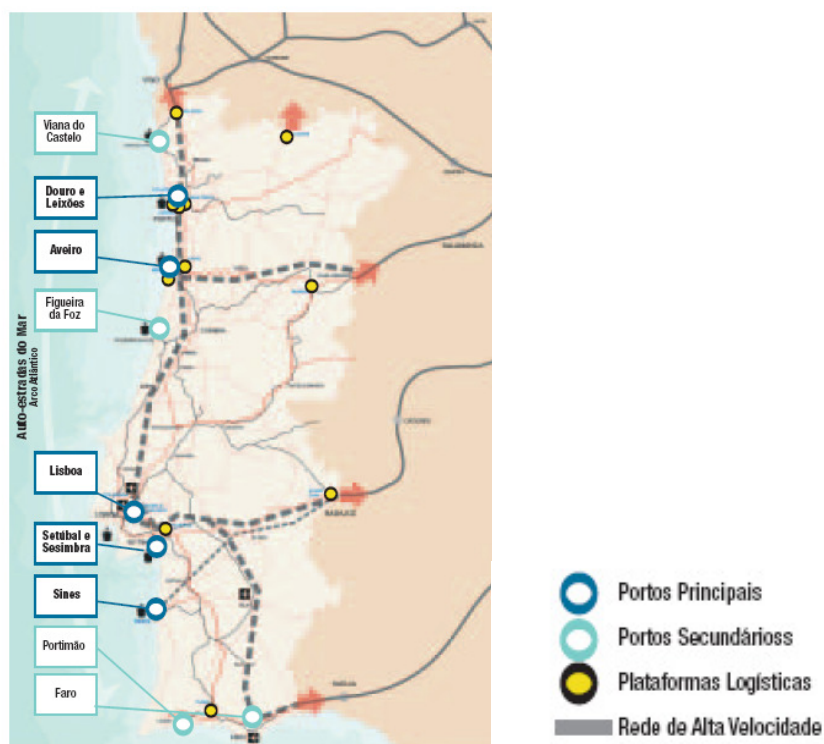


Figura V.44 : Sistema Portuário Comercial do Continente (MOPTC, 2006).



Figura V.45: Fotografia aérea do Porto de Aveiro (www.portodeaveiro.pt).

O Porto de Aveiro não contempla a recepção de hidrocarbonetos/ atracagem de petroleiros. No entanto, a distância a que se dá a sua passagem não elimina os problemas uma vez que os petroleiros circulam ao largo desta região e mesmo a 14 milhas desastres com impacto na zona de Aveiro podem acontecer.

No âmbito do Plano Mar Limpo, foram definidos para o Porto de Aveiro, os meios necessários para combate a derrames de hidrocarbonetos e outras substâncias, de dimensão local (APA, 2002; APA, 2005), entre os quais:

- Recuperadores gravimétricos;
- Recuperadores oleofílicos;
- Barreiras de contenção;
- Bombas de trasfega;
- Tanques de armazenagem temporária;
- Máquina de floculação;
- Batelão de combate à poluição;
- Lanchas auxiliares semi-rígidas e rígidas;
- Instalação de armazenagem e tratamento prévio de águas oleosas (ETPO);
- Estação de tratamento de produtos oleosos;
- Pontão flutuante para recolha de hidrocarbonetos “Ria Limpa”;

V.3.3 Previsão do Alastramento de uma mancha de petróleo na Ria de Aveiro

A avaliação do Risco é assunto interdisciplinar, pelo que desde o princípio houve o desejo de que este trabalho contasse com uma cooperação interdisciplinar entre várias áreas científicas. Desta forma e no âmbito desta tese de mestrado, foram contactados especialistas dos Departamentos de Biologia e da Física da Universidade de Aveiro, que acederam com todo o gosto ao pedido. Infelizmente, por falta de tempo, não foi possível incluir neste trabalho a contribuição da Biologia mas a cooperação com o Departamento de Física da Universidade de Aveiro produziu resultados. Foi desta forma que surgiu o projecto final de licenciatura do aluno finalista da licenciatura de Meteorologia, Oceanografia e Geofísica, Renato Mendes, orientado pelos Profs. João Dias e Luis Menezes Pinheiro, que resultou em mais um contributo para o Município cujos resultados produzidos são referidos, de forma resumida e sucinta, neste sub-capítulo (Mendes, 2008).

Questões essenciais relativas ao desenvolvimento do modelo numérico aplicado para a previsão do alastramento de uma mancha de petróleo na Ria de Aveiro, são referidas no capítulo IV. Relativamente aos três cenários referidos podem apontar-se alguns dos aspectos mais característicos e importantes do ponto de vista da gestão do risco:

❖ Maré-Morta

- Não existem muitas diferenças nas considerações “com e sem contribuição do caudal fluvial” (Figuras 46.a e 46.d);
- As partículas não atingem a zona de maior influência fluvial porque a corrente de enchente neste caso não é consideravelmente forte;
- A macha aproxima-se da zona da povoação de São Jacinto, onde está localizada a Reserva Natural das Dunas de São Jacinto, uma zona ecologicamente sensível e atinge a zona situada a montante do porto de Aveiro, ao longo do Canal do Espinheiro;
- A mancha não cobre uma grande área, o que favorece uma possível missão de recolha do poluente.

❖ Maré-“Típica”

- Identifica-se a diferença entre as duas simulações (com caudal e sem caudal)
- Ao fim de duas horas a área afectada já é a mesma que em 6 horas de simulação em maré-morta.
- As partículas, nesta simulação, chegam a uma zona bem mais a montante que na simulação sem a influência fluvial, uma vez que o caudal fluvial proveniente do Rio Vouga é maior que o caudal fluvial proveniente do canal Norte. As partículas são empurradas para montante, devido à influência do Rio Vouga e atingem uma maior distância comparativamente com a simulação sem o caudal fluvial.
- Ao fim de 6 horas, toda a zona de embocadura e grande parte dos canais de S. Jacinto e do Espinheiro são atingidas, incluindo uma pequena porção do canal de Ílhavo.

❖ Maré-Viva

- As diferenças entre as simulações “com e sem contribuição do caudal fluvial” são maiores que nas outras marés;
- Às 6 horas de simulação (Figuras 46.c e 46.f) a mancha já afectou uma área bastante grande da Ria de Aveiro, sobretudo os canais de S. Jacinto e do Espinheiro. Neste caso identificam-se algumas curiosidades, especialmente na zona junto à Torreira, onde a mancha afecta uma área maior na simulação com a contribuição fluvial.
- A mancha progride pelo Canal de S. Jacinto e pelo Canal de Espinheiro, e às 6 horas de simulação (Figuras 46.c e 46.f) atinge o seu ponto máximo. Com a influência fluvial as partículas têm mais dificuldade de entrar na zona do maior braço onde desagua o Rio Vouga, e não conseguem atingir zonas tão a montante como na simulação sem contribuição fluvial (Mendes, 2008).

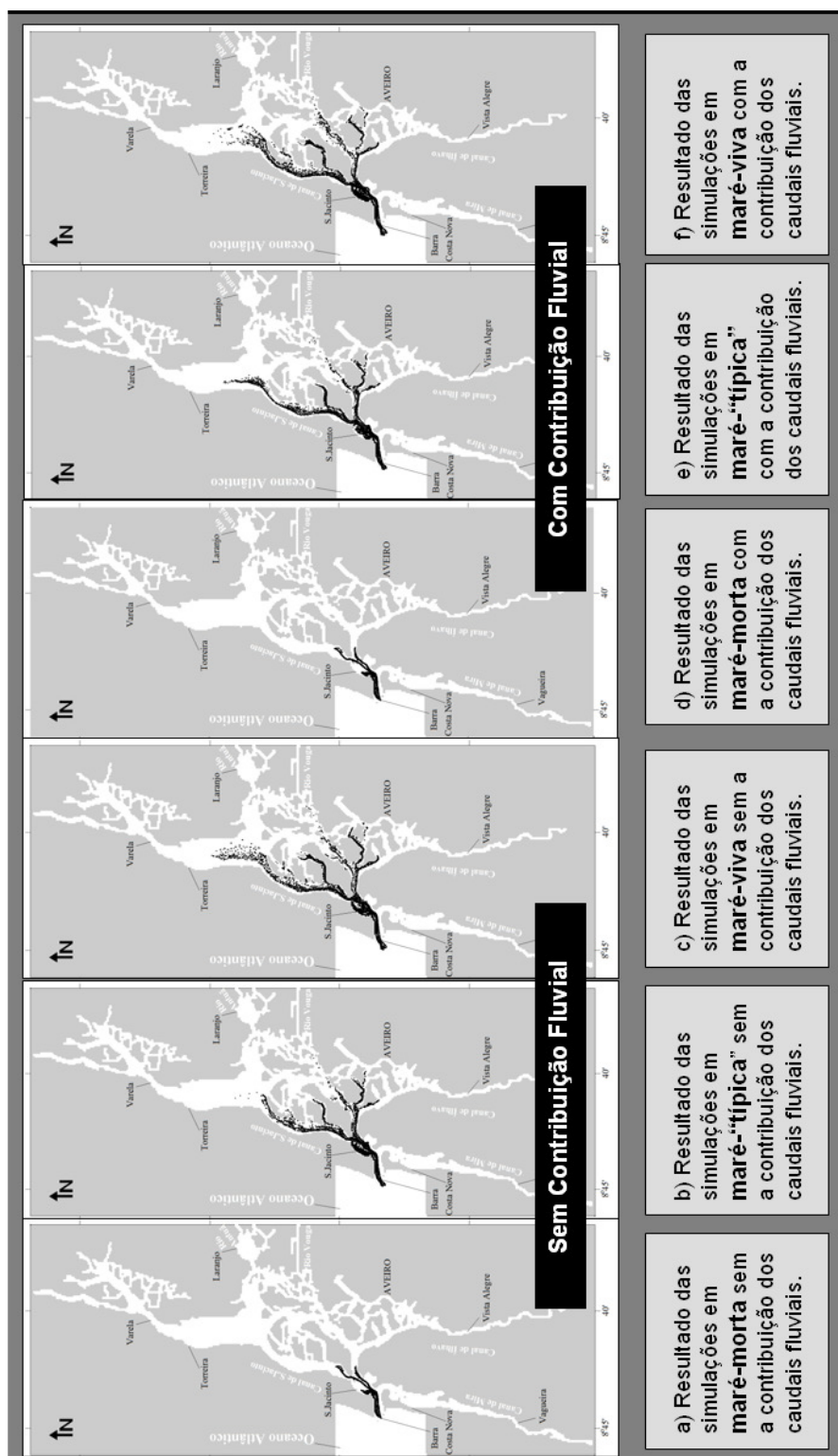


Figura V.46: Resultado das simulações para três 3 diferentes tipos de maré (maré-viva, maré-morta e maré-média), e em duas situações distintas, com e sem a contribuição dos caudais fluviais médios, ao fim de 6 horas após o derrame (Mendes, 2008).

Com base na descrição dos três cenários anteriores é possível afirmar-se que em caso de possível derrame, independentemente da maré e do caudal fluvial, a zona a Norte da embocadura da Ria seria muito mais afectada que a zona a Sul. No canal de Mira, não se espera qualquer tipo de contaminação porque em nenhuns dos cenários se verificaram partículas nesta região, enquanto que o canal de Ílhavo parece afectado apenas na zona mais próxima da embocadura e no que diz respeito às simulações em maré-típica e maré-viva.

Relativamente aos canais de S. Jacinto e do Espinheiro são os mais afectados, sendo atingidos em todas as simulações. Nestes dois canais situam-se zonas económica e ecologicamente bastante sensíveis a um derrame petrolífero, para além da Reserva Natural das Dunas de São Jacinto e do Porto de Aveiro que são atingidos em todas as simulações.

Verifica-se ainda que a mancha de poluente necessita de apenas algumas horas para se espalhar ao longo dos canais da Ria de Aveiro se atingir a embocadura da laguna durante um período de enchente.

Tal como referido no capítulo IV, todos os cenários desenvolvidos foram incluídos na base de dados sob a forma de imagens georeferenciadas, permitindo às autoridades, num caso de um acidente desta natureza que, saibam quais são as zonas e canais marítimos onde a acção deve incidir.

Tendo em conta as freguesias afectadas pelo derrame, no pior cenário (Maré Viva, com contribuição fluvial) foi construído o Quadro V.8 que retrata a vulnerabilidade de cada uma das freguesias de Aveiro face a um derrame.

Aradas	Cacia	Eirol	Eixo	Esgueira	Glória	Nariz	Oliveirinha	Requeixo	São Bernardo	São Jacinto	Santa Joana	Vera Cruz	Nossa Senhora de Fátima
Classificação quanto à Vulnerabilidade face ao fenómeno de Erosão Costeira													

Quadro V.8: Classificação das freguesias do Município de Aveiro quanto à vulnerabilidade face ao fenómeno de erosão costeira.

	Vulnerabilidade Alta
	Vulnerabilidade Moderada
	Vulnerabilidade Muito Baixa

V.4 O Risco nas freguesias

No âmbito desta tese, a caracterização de cada uma das 14 freguesias do Município de Aveiro, relativamente aos vários tipos de fenómenos de risco descritos foi incluída na Base de Dados SIG desenvolvida, o que permite que seja feita a integração com outra informação complementar como habitações, vias rodoviárias, entre outros. Para tal foi criada a *Feature Class* Risco_freguesias_Av.















As várias classificações que foram sendo apresentadas ao longo deste capítulo dizem respeito aos seguintes factores de condicionam cada uma das freguesias ao Risco:

- Classificação quanto à Vulnerabilidade face a uma Cheia;
- Classificação quanto à Vulnerabilidade face ao fenómeno de Erosão Costeira;
- Classificação quanto à Vulnerabilidade Sísmica;
- Classificação quanto aos Danos Causados pelo sismo e tsunami de 1755;
- Classificação quanto à existência de Zonas Protegidas ou de património Nacional/Mundial;
- Classificação quanto à vulnerabilidade face a um derrame;
- Classificação quanto à Densidade populacional actual (Censos de 2001);
- Classificação quanto à variação demográfica entre 1756 e 2001.

No capítulo III apresentou-se a caracterização relativamente à Tipologia das Áreas urbanas.

No Quadro V.9 apresenta-se uma síntese de todas as classificações referidas anteriormente. A escala de cores utilizada baseou-se sempre na gradação verde vermelho, onde o verde indica situações menos preocupantes e o vermelho as freguesias que devem estar alerta relativamente ao parâmetro considerado. Surgem ainda outras cores intermédias, como o laranja, que indicam risco moderado. Nalguns caso observam-se dois verdes, que existem devido à necessidade de fazer a correspondência da escala de cores à classificação

adoptada nos dados originais; tal acontece no caso dos dados demográficos actuais uma vez que o INE define cinco classes para a classificação que foram mantidas.

Aradas	Cacela	Elrol	Elxo	Eaguelra	Glória	Nariz	Oliveirinha	Requello	São Bernardo	São Jacinto	Santa Joana	Vera Cruz	Nossa Senhora de Fátima
Classificação quanto aos danos causados pelo Sismo e Tsunami de 1755													
4			2	4	5	2	2	2	5	5	4	5	2
Quanto à variação demográfica entre 1756 e 2001													
3	5		3	4	5	2	3	2	4	2	5	2	2
Densidade populacional actual (Censos 2001)													
3	1	1	2	3	5	1	2	1	4	1	5	1	1
Classificação quanto à sensibilidade face a uma cheia													
0	5	4	4	4	5	4	0	4	0	4	0	5	4
Classificação quanto à Vulnerabilidade Sísmica													
4	5	2	3	4	5	3	3	2	4	5	4	5	3
Quanto à tipologia das áreas urbanas													
													
Classificação quanto à Vulnerabilidade à Erosão Costeira													
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5	2	4	2
Classificação quanto à existência de Zonas Protegidas ou de património Nacional/Mundial													
0	5	0	0	5	5	0	0	0	0	5	0	5	0

Quadro V.9: Síntese de todas as classificações quanto a factores de Risco Natural e Tecnológico referidas nesta tese.

Surgem ainda duas simbologias neutras, o azul que significa a ausência de efeito/ impacto de determinado fenómeno e o padrão riscado que indica ausência de dados para caracterização de uma freguesia face a um determinado factor.




De forma a sintetizar a informação relativa ao potencial de risco, em termos globais, associado cada freguesia, propõe-se um Índice Combinado entre todos os factores de Risco, que se designou Índice Combinado de Risco. Pretende este índice evidenciar a(s) freguesia(s) que apresentam maior potencial de risco, de uma forma simples e global, uma vez que foi atribuído a cada factor de risco (cheia, erosão, densidade populacional) o mesmo peso estatístico.

O valor numérico atribuído a cada uma das cores utilizadas está indicado no Quadro V.10.

Cor	Índice numérico
Sem dados	--
Azul	0
Verde escuro	1
Verde claro	2
Laranja	3
Amarelo	4
vermelho	5

Quadro V.10: Conversão das cores utilizadas nas classificações das freguesias em Índice Combinado de Risco.

No caso da tipologia das áreas urbanas foram também atribuídos índices numéricos à simbologia, como está descrito no Quadro V.10.

Simbologia			
Índice numérico	2	3	5

Quadro V.11: Conversão da simbologia utilizada na classificação das freguesias segundo a tipologia de áreas urbanas em índices numéricos.

O valor do Índice Combinado Risco está indicado no Quadro V.12 e na Figura V.47.

Aradas	Cacia	Eirol	Eixo	Esgueira	Glória	Nariz	Oliveirinha	Requeixo	São Bernardo	São Jacinto	Santa Joana	Vera Cruz	Nossa Senhora de Fátima
Índice de Risco													
21	28	12	21	31	37	17	17	16	24	29	25	32	17

Quadro V.12: O valor do Índice Combinado de Risco para cada Freguesia do Município de Aveiro.

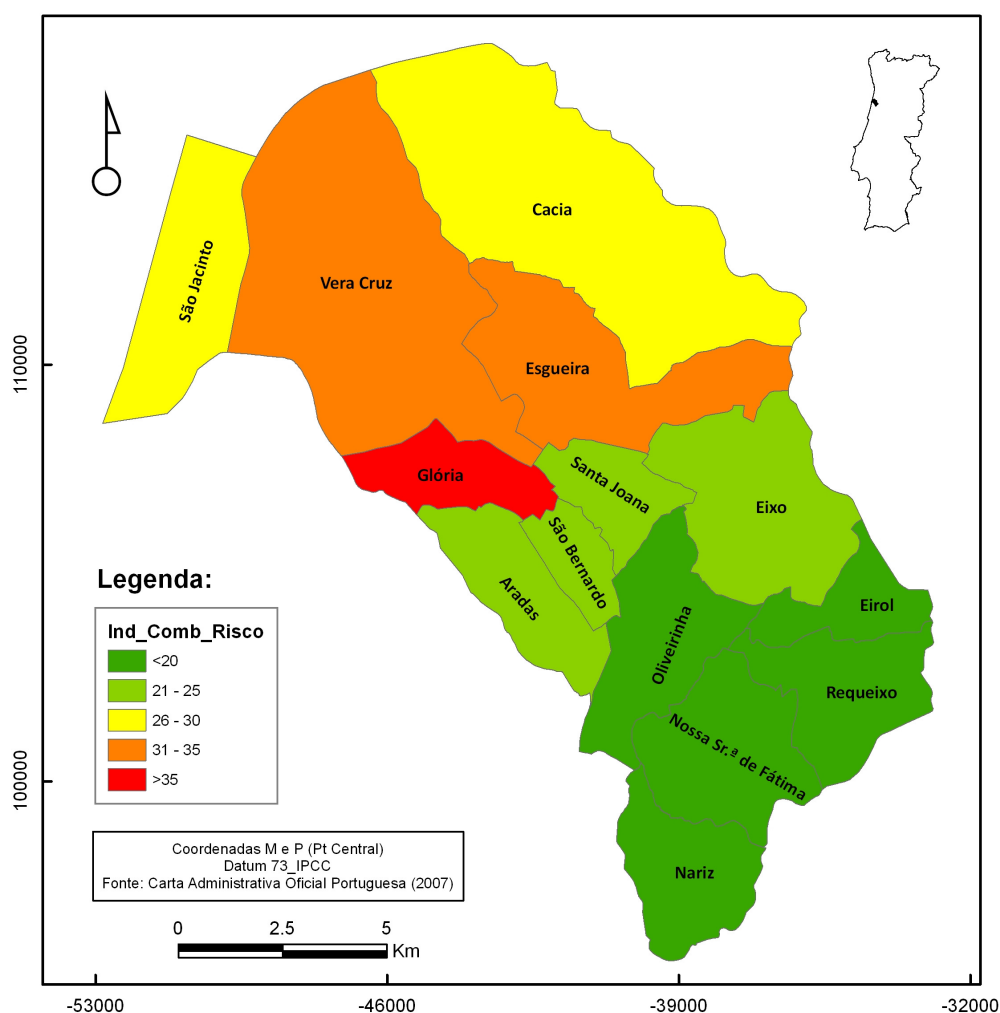


Figura V.47: Representação gráfica do Índice Combinado de Risco para cada uma das freguesias, proposto neste trabalho.

A partir destes valores pode concluir-se que a freguesia da Glória é a que considera um valor mais elevado de risco enquanto que Eirol é a freguesia que se encontra menos vulnerável aos riscos naturais e tecnológicos considerados, apesar de não entrar em consideração com dois factores (Classificação quanto aos danos causados pelo Sismo e Tsunami de 1755 e Quanto à variação demográfica entre 1756 e 2001) para os quais não há valores.

Por ordem decrescente de vulnerabilidade aos riscos naturais e tecnológicos considerados, ordenam-se as freguesias do Município de Aveiro da seguinte forma: Glória, Vera Cruz, Esgueira, São Jacinto, Cacia, Santa Joana, São Bernardo, Aradas, Eixo, Oliveirinha, Nariz, Nossa Senhora de Fátima, Requeixo e Eirol.

Capítulo VI. Mapa de Índices de Sensibilidade Ambiental

No âmbito do desenvolvimento de uma Base de Dados Geológicos e Ambientais elaborou-se a classificação e descrição da linha costeira entre Mira e Ovar, utilizando os Índices de Sensibilidade Ambiental (ISA) desenvolvidos pelo *National Oceanic and Atmospheric Association* (NOAA).

Existe já uma classificação para todo o território continental português de acordo com a metodologia NOAA e laborada pelo projecto europeu *Emergency Response to Coastal Oil, Chemical and Inert Pollution from Shipping Project* (EROCIPS), Esta classificação encontra-se disponível sob a forma de ferramenta interactiva, na plataforma *GoogleEarth*, à qual se pode aceder em: http://www.erocips.org/pt/reports_press_releases/interactivemap/interactivemappo rtugal.htm.

Apesar desta informação estar disponível, e tendo em conta o objectivo de elaborar uma Base de Dados Geoambiental, mostrou-se muito importante o desenvolvimento e a descrição desta metodologia para a região costeira Mira-Vagueira, cujos dados foram incluídos na Base de Dados, como mais uma ferramenta para apoio à gestão do risco, no que diz respeito sobretudo aos derrames marítimos. A necessidade de realizar esta caracterização foi potenciada pelo facto da classificação existente parecer um pouco desadequada para a faixa costeira analisada, como se poderá concluir durante este capítulo.

Durante o ano de trabalho que envolveu esta tese foram também contactados especialistas da Biologia, com quem foi iniciada uma colaboração para a classificação das espécies a proteger, a sua sazonalidade, etc, mas infelizmente concluir a compilação dos dados tempo conclusão desta tese. Igualmente foi obtido o apoio de um dos responsáveis no NOAA, o Dr. *Ed Levine*, por forma a garantir um aconselhamento neste domínio.

VI.1 ISA: o que são e para que Servem?

Um mapa de sensibilidade ambiental é uma ferramenta para apoio à gestão do risco de um derrame petrolífero numa dada região. Inclui três níveis de informação: (a) índice numérico que avalia a vulnerabilidade de uma superfície/formação geológica relativamente à perturbação provocada por uma mancha de petróleo; (b) polígonos de sensibilidade biológica e, (c) descrição das infra-estruturas humanas disponíveis (Figura VI.1). Neste trabalho, pelas razões apontadas, apenas foram determinados os índices referentes à alínea a).

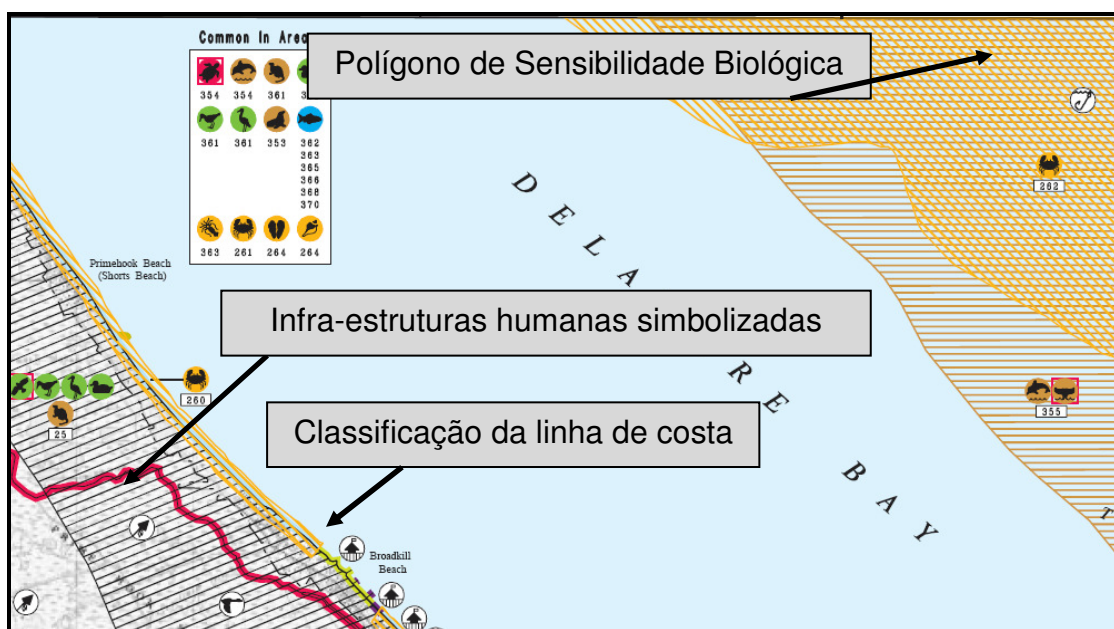


Figura VI.1: Excerto de um Mapa de Índices de Sensibilidade Ambiental (ISA) produzido pelo NOAA para a região do Delaware Bay (www.NOAA.gov).

Os ISA servem para dar rápidas indicações aos serviços de resposta municipais e de protecção civil (Entidades Municipais responsáveis pelas gestão do risco natural e tecnológico) que actuam no caso de derrames químicos e petrolíferos. Os objectivos da classificação ISA são:

- Criar uma ferramenta que permita a coexistência de comunidades e meio ambiente “saudáveis” com uma indústria de transportes marítimos

sustentável, caracterizando a orla costeira de forma a fazer face a incidentes de poluição que possam acontecer;

- Ajudar a planear e executar operações de intervenção (protecção e/ou limpeza) de zonas da costa ameaçadas ou poluídas por derrames acidentais de hidrocarbonetos;
- Agilizar a operação de intervenção (quer para uma intervenção de protecção como para uma intervenção de limpeza), facilitando a decisão sobre as áreas prioritárias para intervenção, e os meios a mobilizar e a deslocar para as diversas zonas.

Toda a informação existente num mapa ISA melhora assim a eficiência da análise do risco de um eventual derrame e constitui mais uma ferramenta de apoio à tomada de decisão para as entidades responsáveis pelo combate à poluição. Tamanho objectivo implica que entidades governamentais partilhem o conhecimento sobre a situação existente ao longo das suas zonas costeiras e desenvolvam estratégias coordenadas para fazer face a incidentes de poluição costeira dentro e fora das suas áreas

Com estes objectivos em mente, procedeu-se à classificação da costa na área em estudo, tendo como base de trabalho um índice de sensibilidade ambiental (ISA).

VI.2 Cartografia dos ISAs











A caracterização da sensibilidade da linha de costa implicou **duas fases de trabalho distintas**: a recolha e observação de cartografia aérea, para observação indirecta, e o trabalho de campo para caracterização *in situ*. Para a observação indirecta foram indispensáveis os mapas da região e os Ortofotos cedidos pela Câmara Municipal de Aveiro (CMA), que permitiram definir preliminarmente a caracterização da linha de costa assim como definir os locais necessários às observações de campo.

Para a **classificação da linha de costa** foi definido o valor numérico ISA baseado no seu carácter físico, em particular geologia e geomorfologia, uma vez

que são estes que condicionam o comportamento dos hidrocarbonetos no espaço inter-mareal. Os vários aspectos a considerar são:

1. A exposição ao efeito das ondas e à energia das marés;
2. A produtividade e Sensibilidade biológica;
3. A classificação do substrato (tamanho do grão, permeabilidade);
4. O declive e tipo da linha de costa;
5. A facilidade de limpeza sem danos;
6. A facilidade de recuperação;
7. A persistência dos hidrocarbonetos;

A classificação numérica para os índices de sensibilidade ambiental é dada entre 1 e 10, e a sua representação é feita através de um código de cores (Quadro VI.1).

CODIGO DE CORES PARA O INDICE DE SENSIBILIDADE PARA A COSTA PORTUGUESA					
COR	ÍNDICE	R	G	B	
	1	119	38	105	1A ROCHEDOS LISOS EXPOSTOS 1B ESTRUTURAS ARTIFICIAIS LISAS EXPOSTAS (Paredões, quebra-mares)
	2	174	153	191	2 TERRAÇOS ROCHOSOS LISOS OU SUBSTRATO DE DECLIVIDADE MEDIA EXPOSTO
	3	0	151	212	3 PRAIAS DISSIPATIVAS DE AREIA FINA A MÉDIA EXPOSTAS;
	4	146	209	241	4 PRAIAS DE AREIA GROSSA, PRAIAS INTERMEDIÁRIAS DE AREIA MEDIA A FINA EXPOSTAS; PRAIAS DE AREIA FINA ABRIGADAS
	5	152	206	201	5 PRAIAS MISTAS DE AREIA E CASCALHO
	6	0	149	32	6A PRAIAS DE CASCALHO (Seixos e Calhaus) 6 B ENROCAMENTOS EXPOSTOS, PLATAFORMAS
	7	214	186	0	7 PLANÍCIE DE MARÉ ARENOSA EXPOSTA
	8	225	232	0	8A ESCARPA/ENCOSTA DE ROCHA LISA ABRIGADA; ENCOSTA DE ROCHA NÃO ABRIGADA 8B ESTRUTURAS ARTIFICIAIS ABRIGADAS
	9	248	163	0	9 PLANÍCIE DE MARÉ ARENOSA /LAMACENTA ABRIGADA; TERRAÇO DE BAIXA MAR LAMACENTO ABRIGADO
	10	214	0	24	10 TERRENOS ALAGADIÇOS BANHADOS DE BREJOS; MARGENS DE RIOS E LAGOAS; MARISMAS (Sapais)

Quadro VI.1: Classificação do índice ISA de acordo com a metodologia NOAA, segundo cores e segundo o seu valor numérico entre 1 e 10 (EROCIPS, s/data).

Nesta classificação os valores mais elevados significam maiores sensibilidades e, portanto, maior necessidade de protecção ou intervenção. Por exemplo o índice de sensibilidade de nível 1 é atribuído a linhas de costa com menos susceptibilidade face aos efeitos prejudiciais relacionados com um derrame. Por exemplo, nas escarpas rochosas o petróleo não consegue penetrar nas rochas e é facilmente lavado pela acção das ondas e marés.

Por outro lado, o nível 10 indica uma grande sensibilidade da formação geológica a um derrame. Um exemplo é o caso das zonas pantanosas com vegetação, zonas protegidas ou sapais. O petróleo nestas áreas penetra e fica retido no substrato por um longo período de tempo, influenciando negativamente a fauna e flora.

Relativamente à **sensibilidade e produtividade biológica**, para além de se identificarem as espécies mais importantes da região é necessário um estudo mais aprofundado. A proposta do NOAA passa por fazer uma descrição de todas as espécies existentes, salientando aspectos como a sazonalidade dessas espécies, a sua concentração na região em estudo e as suas actividades reprodutivas. Para além da descrição das espécies existentes há ainda a considerar as situações em que os animais e os seus habitats são mais sensíveis a um derrame petrolífero. Algumas delas são as seguintes:

- Quando os indivíduos se concentram numa grande área;
- Quando estão presentes em determinadas áreas indivíduos em estados prematuros de vida;
- Quando o derrame afecta áreas importantes para a migração ou para o desenvolvimento de algumas das fases de vida dos indivíduos;
- Quando afecta espécies ameaçadas ou em risco de extinção;
- Quando uma grande percentagem da população que representa a espécie está exposta ao derrame.

As áreas geográficas onde se localizam estas populações /espécies são definidas por polígonos, que são identificados de acordo com uma simbologia e um número, que identifica o animal (Figura VI.2).

É necessário portanto envolver especialistas nas diversas áreas da Biologia, e que tenham grande conhecimento sobre a região de Aveiro. Foi neste âmbito que foram feitos os contactos com o Departamento de Biologia. Algumas das conclusões preliminares com a Prof. Rosa Pinho, levaram-nos à conclusão de que em termos de flora seria necessário definir os polígonos que limitam a importante espécie *Zostera* e as Zonas de Sapal, como grande importância no ecossistema da Ria de Aveiro.

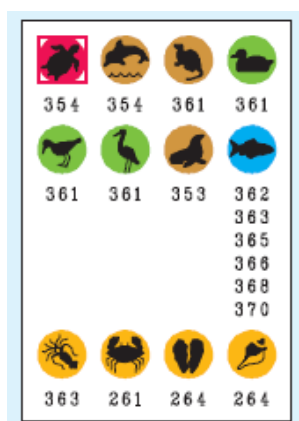


Figura VI. 2: Classificação das espécies existentes num mapa ISA, com indicação da simbologia e do número específico da espécie (NOAA).

No que diz respeito às **infra-estruturas humanas disponíveis**, estas já se encontravam incluídas na base de dados preliminar cedida pela CMA, que já possuía uma listagem das facilidades existentes, incluindo construções, hospitais, vias rodoviárias, entre outros (Figuras VI.3 e VI.4).

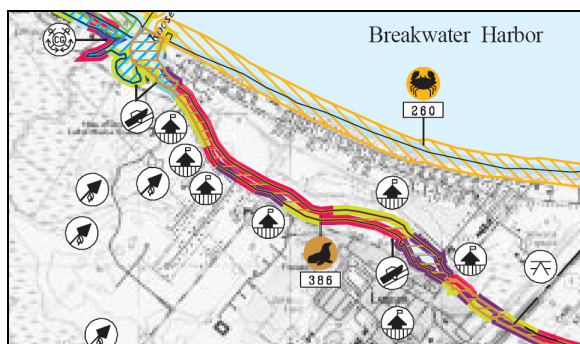


Figura VI.3: Excerto de um Mapa de Índices de Sensibilidade Ambiental produzido pelo NOAA (NOAA), com identificação das infra-estruturas humanas (NOAA).

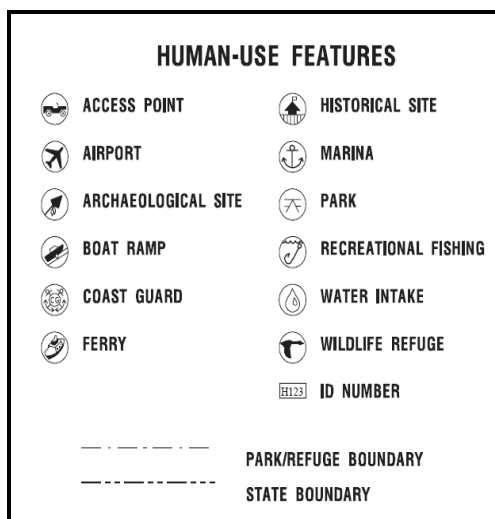


Figura VI.4: Infra-estruturas Humanas que devem ser identificadas num mapa ISA (NOAA).

VI.3 Aquisição de Dados de Campo na Região de Aveiro

Em primeiro lugar foram reunidas diversas informações relativamente à linha costeira que se pretendia investigar. Os ortofotos cedidos pela CMA têm muito boa qualidade e são o recurso por excelência para o trabalho de gabinete. No entanto, como esses dados abrangem apenas a zona Costeira até à Costa Nova, foi utilizada também uma colectânea de fotos do *GoogleEarth* que cobrem toda a zona costeira em estudo.

A partir da observação indirecta, locais onde são observadas zonas de areal pouco extenso, zonas com estruturas marítimas humanas (como os molhes e esporões), ou zonas com elevada densidade urbanística junto ao mar, foram marcados como pontos a visitar. De forma a implementar a metodologia foram efectuadas visitas de campo a alguns dos pontos definidos, uma vez que apenas foi possível fazer levantamento de campo na zona Mira-Vagueira. Tais saídas de campo foram realizadas no mês de Maio e tiveram por objectivo avaliar *in situ* as características físicas da linha de costa, preencher a ficha de campo criada para o efeito (Anexo 4), e elaborar uma recolha fotográfica e de vídeo exhaustiva.

Numa primeira fase, foi construída uma colectânea de toda a informação num suporte *Microsoft PowerPoint*, onde foram incluídos os ficheiros de vídeo e de imagem, assim como a classificação da linha de costa de acordo com o índice numérico e de cores reaspectivo (Figura VI.5). De seguida, toda a informação foi incluída numa Base de Dados Microsoft Access, para posteriormente poder ser adicionada ao projecto ArcGis.

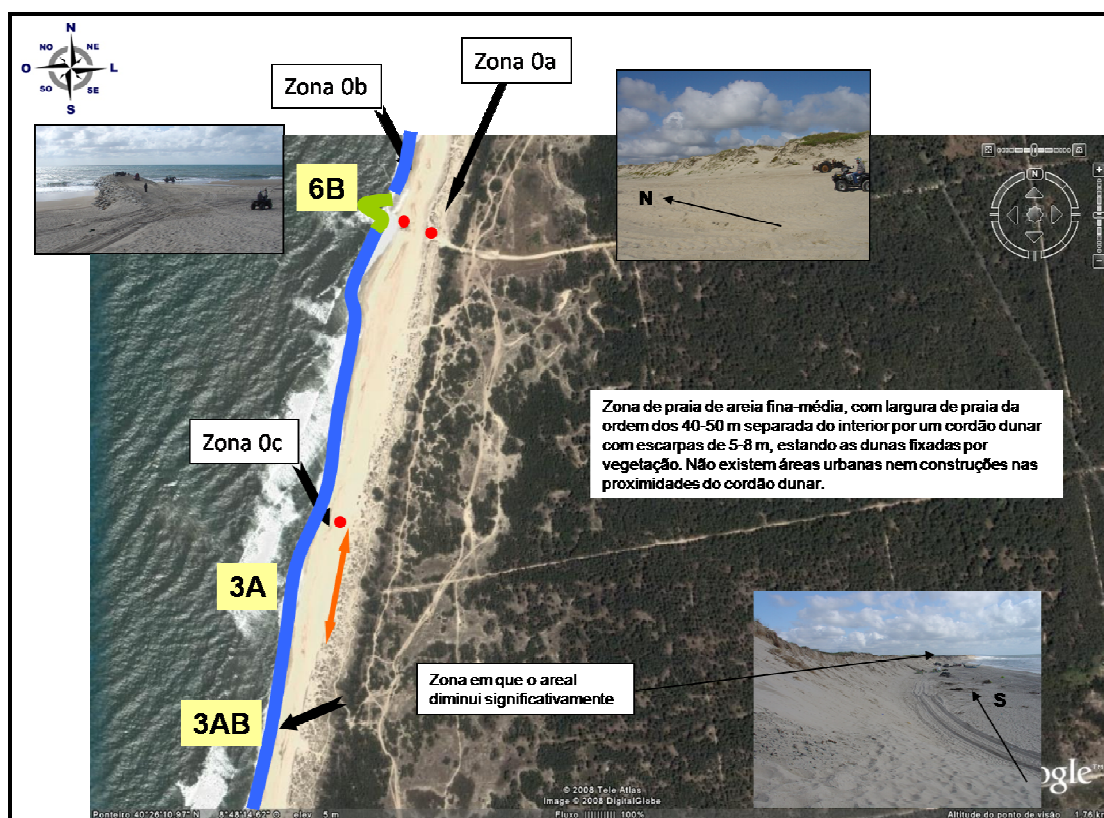


Figura VI.5 – Excerto do PowerPoint elaborado relativo a um sector da costa Mira – Vagueira, classificado de acordo com o índice de sensibilidade ambiental (ISA). A simbologia 0b, 0a e 0c indicam os locais de observação onde foi feita recolha fotográfica e vídeo.

Foi desenvolvido um projecto em ArcGis designado “Classificação ISA” onde toda esta informação foi reunida (Figura V.6). Os elementos incluídos foram:

- Imagem satélite do *GoogleEarth* cobrindo a zona entre Mira e Costa Nova;

- *Feature Class* com a linha de costa classificada com o índice ISA e com as respectivas cores;
- Fotos e *clips* de vídeo recolhidos *in situ*, para melhor identificação da zona.

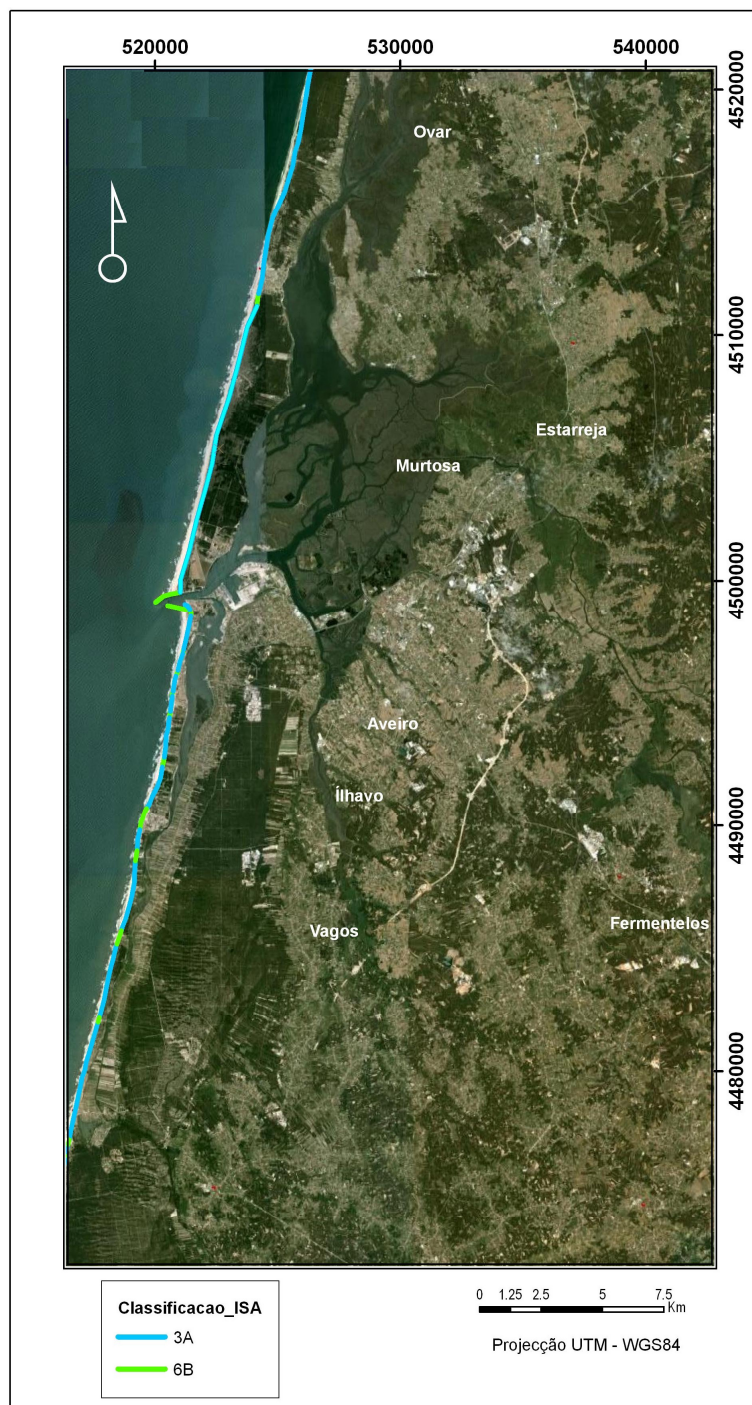


Figura VI.6: Classificação ISA para o troço Mira-Ovar desenvolvido nesta tese.

Não foi possível incluir esta informação na Personal *Geodatabase* porque grande parte dos elementos é do tipo imagem, à excepção da *Feature Class* com a classificação ISA.

Depois de elaborada a classificação da linha de costa, foi comparada com a classificação disponível (EROCIPS, s/data; Figuras VI.5 e VI.6).



Figura VI.7: Classificação ISA para o troço Mira-Vagueira, segundo o Atlas Costeiro de Portugal (EROCIPS, s/ data).

O Mapa ISA elaborado nesta tese revelou que a linha de costa entre Mira e a Vagueira varia entre os índices “6B” (enrocamentos expostos e plataformas) e “3” (Praias dissipativas de areia fina e média expostas) (Figura VI.5).

O Mapa ISA proposto pelo EROCIPS para costa entre Mira e Vagueira (Figura VI.6) classifica a linha de costa de uma forma distinta. São propostos os índice “4” (praias de areia grossa, praias intermediárias de areia média a fina expostas; praias de areia fina abrigadas), “8” (que varia entre “8A” que são

escarpas ou encostas de rochas lisa abrigada ou “8B” que são estruturas artificiais abrigadas), “2” (terraços rochosos lisos de substrato de declividade média exposto) e “6” (que varia entre “6A” que são praias de cascalho e “6B” que são enrocamentos expostos e plataformas).

A classificação ISA incluída na Base de Dados corresponde integralmente à classificação desenvolvida nesta tese, uma vez que não parece lógico considerar que existem nesta linha costeira zonas de terraços lisos de substrato de declividade média, cpor exemplo, como é proposta na caracterização EROCIPS para o troço Norte de Mira – Vagos.

Algumas das diferenças podem estar relacionadas com a metodologia e a definição dos termos, uma vez que o significado de praia abrigada ou exposta é difícil de definir concretamente, podendo gerar dúvidas entre as classificações “3” ou “4”, que são ambas válidas numa praia de areia de grão médio.

Relativamente à faixa São Jacinto-Furadouro a classificação proposta pela EROCIPS parece também um pouco desadequada uma vez que está definida como terraços rochosos lisos ou substrato de declividade média exposto em toda a sua extensão, quando na verdade corresponde a uma zona de praia de areia fina média, cuja correspondência seria o índice 3 ou 4.

Capítulo VII. Conclusões e Trabalho Futuro

No âmbito desta tese foi desenvolvida uma Base de Dados em Sistema de Informação Geográfica, na qual foram incluídas diversas informações geológicas e ambientais, importantes no que respeita à gestão do risco Natural e Tecnológico no Município de Aveiro, nomeadamente a base cartográfica da Câmara Municipal de Aveiro, a informação do Atlas do Ambiente, a carta de Zonamento Geotécnico digital, a carta Geológica da região, uma compilação de registos sísmicos e de sondagens geotécnicas e hidrogeológicas, uma classificação dos Índices de Sensibilidade Ambiental para a linha de costa entre Mira e Ovar, entre outros.

O Sistema de Informação Geográfico ArcGis mostrou ser uma ferramenta digital altamente adequada a este propósito com inúmeras vantagens de aplicação. A título de exemplo pode citar-se o facto de ser possível construir uma estrutura de dados coerentes e capazes de serem relacionados entre si, a possibilidade de aplicação de vários atributos numa mesma *Feature Classe*, permitindo uma grande interactividade entre diferentes informações, e ainda a criação de modelos tridimensionais, que foram desenvolvidos nesta tese com a informação da carta de Zonamento Geotécnico e das Ortofotos.

Os fenómenos naturais relativamente aos quais o Município de Aveiro é mais vulnerável são: (1) a *Erosão Costeira*, pela sua proximidade com o mar; (2) as *Cheias*, pois para além de se localizar numa zona costeira é geomorfologicamente uma zona aplanada, com características estuarinas; (3) os *Sismos*, dado que se encontra parcialmente na zona sísmica de intensidade máxima histórica de grau 7; (4) a Liquefacção dos terrenos, uma vez que grande parte das formações geológicas se enquadram nos solos típicos mais susceptíveis, razão pela qual se pretendeu incluir nesta Base de Dados a cartografia de Zonamento Geotécnico.

O objectivo da digitalização da Cartografia de Zonamento Geotécnico, foi muito valorizado pela criação da *Personal Geodatabase*, permitindo a definir entre os vários objectos relações topológicas e realizar diversas operações sobre os vários níveis de dados introduzidos. A disponibilização desta informação no formato digital espera-se que contribua para um acesso mais fácil e integrado às

características geotécnicas das zonas urbanas e suburbanas de Aveiro por parte da comunidade em geral. A partir deste elemento, pelo facto de estar integrado numa estrutura ArcGis, foi ainda possível, por adição de um atributo correspondente à geologia, derivar um mapa geológico simplificado e definir um mapa de risco de liquefacção, no qual se observou que as zonas de potencial risco não estão definidas dentro dos limites administrativos do Município e surgem sobretudo na zona Sul do cordão dunar e na zona da "Gafanhas" (tendo em conta a zona digitalizada).

Durante o desenvolvimento e evolução deste trabalho, a Base de Dados mostrou ser um excelente elemento de apoio à gestão de risco, mostrando a sua aplicabilidade ao possibilitar o cruzamento das várias informações incluídas. Exemplos são a determinação do número de construções afectadas por uma cheia como a que afectou Aveiro em 2001 (400 no caso considerado); a avaliação, com base nos elementos dos danos que o sismo e tsunami de 1755 causaram nas várias freguesias do Município, por forma o potencial impacto da sua repetição na área em estudo. No que diz respeito a este último tópico, as freguesias mais atingidas em 1755 foram a Glória, São Bernardo, São Jacinto e Vera Cruz e as que mostram ser as mais vulneráveis actualmente são a Glória, Santa Joana e São Jacinto, pelo facto de combinarem elevada densidade populacional, elevados danos sofridos em 1755.

Foi ainda elaborada uma análise da vulnerabilidade de cada uma das 14 freguesias de Aveiro, face a diversos fenómenos naturais e tecnológicos como cheias, derrames de petróleo, liquefacção ou sismo (como o que atingiu Aveiro em 1755). Esta análise, realizada sempre com recurso à Base de Dados desenvolvida, culminou na elaboração de um Índice Combinado de Risco, a partir do qual foi se concluiu que a freguesia da Glória é a mais vulnerável de todas, por oposição à de Eirol, que tem o valor menor.

Para além das vantagens da Base de Dados desenvolvida, importa chamar a atenção do utilizador final (CMA e UA) desta *Geodatabase* para as enormes diferenças de resolução e de qualidade dos dados entre os diferentes temas incluídos, dos quais o do Atlas do Ambiente será porventura o de resolução mais baixa.

Outro dos objectivos desta tese passava pela determinação de um Mapa de Índices de Sensibilidade Ambiental. Este trabalho permitiu elaborar uma classificação de linha de costa entre Mira e Ovar e detalhar um trabalho previamente realizado no âmbito do projecto Europeu EROCIPS. A classificação proposta revela algumas inconsonâncias relativamente à classificação proposta por esta área.

Este trabalho envolveu ainda o desafio de uma cooperação interdisciplinar, conseguida através de parcerias com os Departamentos de Biologia e Física, tendo sido possível incluir a informação relativa à modelação da dispersão do Alastramento de uma mancha de petróleo na Ria de Aveiro nesta Base de Dados.

Espera-se que a Base de Dados a disponibilizar à Câmara Municipal de Aveiro seja uma ferramenta útil para os habitantes do Município de Aveiro e para as entidades municipais para apoio à gestão do risco natural e tecnológico, assim como se espera que este trabalho possa servir de base no que diz respeito à caracterização da vulnerabilidade de cada uma das freguesias do Município face a variadas catástrofes naturais e tecnológicas.

Pensa-se que os objectivos propostos foram atingidos e as mais valias curriculares para a autora deste trabalho, obtidas com a realização desta tese foram enormes. No entanto, há ainda muito para fazer pelo que se propõe como trabalho futuro:

- A finalização do trabalho de cooperação interdisciplinar iniciado com o Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro, em particular com a inclusão da cartografia de espécies de fauna e flora na região, nos mapas de Índices de Sensibilidade Ambiental.
- A conclusão da digitalização das restantes 4 cartas de Zonamento Geotécnico de Gomes (1992), cuja finalização permitirá elaborar uma classificação de cada uma das freguesias quanto às características geotécnicas;
- A elaboração de uma curva de casualidade sísmica para o sismo de 1755 em Aveiro, uma vez que permitirá definir a probabilidade de ocorrência da repetição potencial deste fenómeno, que atingiu a região de Aveiro;

- A modelação da propagação de uma vaga de tsunami, como a que terá estado associada ao sismo de 1755, tendo em conta a altimetria e batimetria da região;
- A avaliação do impacto potencial de outros riscos tecnológicos, como é o caso do risco industrial ou do risco associado à pipeline de cloreto de vinilo que atravessa a Ria de Aveiro;
- A disponibilização na Base de Dados de um mapa da Superfície Piezométrica em Aveiro;
- A elaboração em detalhe do mapa de Lineamentos Morfológicos e ocorrências de campos de gás metano a pequena profundidade, pelo facto de se mostrar de enorme importância o conhecimento do controle estrutural que envolve a região.

Bibliografia

- Abecasis, C.K. (1961). As formações lagunares e os seus problemas de engenharia do litoral. Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- AERC (2003). Anuário Estatístico da Região Centro, INE.
- AERN (2003). Anuário Estatístico da Região Norte, INE.
- Alves, T., Moita, C., Sandnes, F., Cunha, T., Monteiro, J. e Pinheiro, L. (2006). Mesozoic-Cenozoic evolution of North atlantic continental-slope basins: The Peniche Basin, western Iberian margin, AAPG Bulletin, v90, n1, 31-60
- APA (2002). Guia do Porto de Aveiro, Gabinete de Apoio à Estratégia, comunicação, Imagem e Marketing.
- APA (2005). Plano de Recepção e Gestão de Resíduos. www.portodeaveiro.pt.
- Assis, S. (s/data). Apontamentos da disciplina de Agrometeorologia, Universidade Federal de Pelotas, cap. fenômenos meteorológicos adversos.
- Azerêdo, A. C., Duarte, L.V., Henriques, M.H. e Manuppella, G. (2003). Da dinâmica continental no triássico aos mares do Jurássico Inferior e Médio. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.
- Azerêdo, A.C., Duarte, L.V., Henriques, M.H., Manuppella, G. (2003). Da dinâmica continental no Triássico aos mares do Jurássico Inferior e Médio, Cadernos de Geologia de Portugal, Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa
- Azerêdo, A.C., Wright, V.P., Ramalho, M.M. (2002). The Middle-Late Jurassic forced regression and disconformity in central Portugal: eustatic and climatic effects on a carbonate ramp system, *Sedimentology*, 49, 1339-1370.
- Azevedo (2007). Apontamentos de Geologia de Portugal. (não publicado), Universidade de Aveiro
- Baptista, M. A. et al. (2003). New study of the 1755 earthquake source based on multichannel seismic survey data and tsunami modelling. *Natural Hazards and Earth System Sciences*.
- Benta, A. A. (2007). Aspectos do Comportamento Geomecânico da Formação “Argilas de Aveiro”, Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Bernardes, C. M. (1992). A Sedimentação durante o Jurássico Superior entre o Cabo Mondego e o Baleal (Bacia Lusitana): modelos deposicionais e arquitectura sequencial. *Tese de Doutoramento*, Dep. Geociências, Univ. Aveiro.
- Bettencourt, P. & Ângelo, C. (1992). Faixa costeira Centro Oeste (Espinho - Nazaré): enquadramento geomorfológico e evolução recente. *Geonovas*, nº especial 1 (A Geologia e o Ambiente), Lisboa, 7-30.
- Bezzeghoud, M., Borges, J. F., Caldeira, B. (s/data). Riscos Sísmicos em Portugal, Departamento de Física e Centro de Geofísica de Évora.
- Bineli, A., Sais, A. & Gonçalves, R. (2007). Banco de dados geográfico para cidades de pequeno porte: estudo de caso da Cidade de Andradras, Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 5121-5126.
- Boillot, G. & Malod, J. (1988). The North and North-West Spanish Continental Margin: a review. *Rev. Soc. Geol. Espana*, nº1, 295-316.
- Callapez, P. (2006). A Bacia Lusitaniana: Evolução paleogeográfica pós-rift (Cretácico Superior) In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P. e Kullberg, J.C. (Eds.), *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria*, Universidade de Évora, Évora, 359-361.
- Carreira, L. P. (2005). Apontamentos de Mecânica dos Solos II, Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria.

- Carreira, P.M.M. et al. (s/ data). Caracterização Paleoclimática e Paleodinâmica do Sistema Multiaquífero Cretácico de Aveiro através da aplicação de Isótopos Ambientais.
- Carvalho, M. (1999). Povoamento e vida material no concelho de Aveiro - Apontamentos para um estudo histórico-toponímico, Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Carvalho, A., Costa, A. & Oliveira, C. (2004). Modelos Estocásticos com ruptura progressiva de falhas para a caracterização da acção sísmica - Aplicação ao sismo de Lisboa de 1 de Novembro de 1755, Lisboa.
- Castro, J. (2006). Prospeção e Pesquisa de Hidrocarbonetos na Bacia Lusitânica. Universidade de Aveiro, Aveiro, 18-69
- CCDR (1999). Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Vouga, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro, 17-26 e 51-55.
- Cerqueira, E., Abrahão, S., Sousa, M., Queiroz, D., Pinto, F. (2005). Análise do Modelo Digital de Elevação gerado utilizando Técnica de Geoestatística, 3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão
- Coelho et al. (2007). Definição de Zonas de Risco na área de intervenção AMRIA. (cd-rom)
- DGA (1999) - Relatório do Estado do Ambiente, Direcção Geral do Ambiente, 299-304.
- DGA (2006). Relatório de Estado do Ambiente 2006, Direcção Geral do Ambiente, Cap. Riscos Naturais.
- Dias, J. (1993). Estudo de Avaliação da Situação Ambiental e Proposta de Medidas de Salvaguarda para a Faixa Costeira Portuguesa (Geologia Costeira).
- Dias, J. (2000). Sismos e Sismicidade de Portugal. Elementos de apoio Geologia Ambiental. Site: w3.ualg.pt/~jdias/GEOLAMB
- DIAS, J. M. (2005). Apontamentos da disciplina de Oceanografia Costeira. Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Dias, J.A., Bernardes, C.A. & Boto, A. (1998). Causas e Efeitos da erosão Litoral entre a Costa Nova e Mira, Associação portuguesa de geólogos.
- Dias, J.M., Ferreira, Ó. M. F. & Pereira, A.P.R. (1994). Estudo Sintético de Diagnóstico da Geomorfologia e da Dinâmica Sedimentar dos Troços Costeiros entre Espinho e Nazaré, 1994, 189-205.
- DRAC (1998) – Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Vouga, Direcção Regional do Ambiente do Centro, pp 31.
- Eskes, S. J. T., Crestana, S. (1996). Uma abordagem probabilística para quantificar o movimento de solutos no solo em uma escala de bacia hidrográfica, Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação agropecuária, nº9, 1-6.
- ESTIG (s/data). Apontamentos de Topografia, Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Beja.
- FDR (s/data). Apontamentos de Fotogeologia e Detecção Remota, Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Felizes, 2008 - Carta de Riscos em Portugal Continental.
- Filipe, T. (2008). Avaliação e Reforço Sísmico de Edifícios de Betão Armado - Aplicação a um edifício da rede de telecomunicações do Algarve, Instituto superior Técnico, Lisboa.
- Gaspar, J. A. (2005). Cartas e Projecções Cartográficas, 3ª Edição, Mafrá, LIDEL.
- Gomes, L. (1992). Zonamento Geotécnico da área Urbana e Suburbana de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Gonçalves, F. (1980). Introdução à Geologia de Portugal, Instituto Nacional de Investigação Científica, Lisboa.
- IM (2008). Boletim Climatológico Mensal de Julho de 2008. Instituto de Meteorologia.

- Kullberg, J.C. (2000). Evolução Tectónica Mesozóica da Bacia Lusitaniana. *Tese de Doutoramento*, Fac. Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- Kullberg, J.C., Rocha, R., Soares, A.F., Rey, J., Terrinha, P., Martins, L., Callapez, P. (2006). A Bacia Lusitaniana: Estratigrafia, Pelaogeografia e Tectónica. In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P. e Kullberg, J.C. (Eds.), *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria*, Universidade de Évora, Évora, 317-368.
- Laima, F.D. (1989). Potencialidades Petrolíferas da Bacia Lusitana, III Congresso Brasileiro de Geoquímica. Gabinete para a pesquisa e Exploração de Petróleo, Lisboa.
- Lauverjat, J., Carvalho, J.M & Marques de silva, M. A. (1983). Contribuição para o estudo hidrogeológico da região de Aveiro, Bol.Soc. Geolo. Portugal. Lisboa, vol.XXIV
- Marques da Silva, M.A. (1990). Hidrogeologia del Sistema Multiacuifero Cretacico del Bajo vouga – Aveiro (Portugal). Universidade de Barcelona.
- Marques da Silva, M.A. (1992). Camadas-guia do Cretácico de Aveiro e sua importância hidrogeológica. *Geociências, Rev. Universidade de Aveiro*, vol.7, fasc. (1-2), 111-124
- McMaster, R. And Shea, S. (1992). Generalization in Digital Cartography. Association of American Geographers, Washington, USA.
- Melo, M.T. (2002). Modelo matemático de fluxo e transporte de massa do sistema multiaquífero Cretácico da região de Aveiro (Portugal). Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Mendes, R. (2008). Modelação numérica da dispersão de hidrocarbonetos na Ria de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Miranda, J.M., Baptista, M.A., Matias, L.M. & Costa, P.T. (s/data). Apontamentos sobre Riscos Naturais, Instituto Dom Luiz, Cap. Risco Sísmico.
- MOPTC (2008) - Sistema Nacional de Controlo de Tráfego Marítimo VTS costeiro e portuário, Paço de Arcos.
- MOPTC, 2006 - Orientações Estratégicas para o Sector Marítimo Portuário, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Secretaria de Estado dos Transportes.
- Mota, M. (2003). O Papel da Detecção Remota na Monitorização de Manchas de Petróleo no Mar, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa.
- Mougenot, D. (1989). Geologia da Margem Portuguesa. Instituto Hidrográfico, Lisboa
- Mourão, J. (2005). “A Geografia na Gestão e na Prevenção dos Riscos Naturais e Tecnológicos”, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.
- Muchangos, E.S. (2008). Planificação e Execução de uma Campanha de Reflexão Sísmica Multicanal 3-D numa área com ocupação urbana. Universidade de aveiro, Aveiro, 6-21
- Oliveira, C. S. (2008). Review of the 1755 Lisbon Earthquake Based on Recent Analyses of Historical Observations (não publicado).
- OPDS, 2001 – Horizontes Sociais, Observatório Permanente do Desenvolvimento Social.
- Pena dos Reis, R., Corrochano, A., Bernardes, C., Cunha, P. & Dinis, J.L. (1992). O meso-cenozóico da margem atlântica portuguesa. *Guías de las excursiones geológicas*, III Congreso Geológico de Espana y VIII Congreso Latinoamericano de Geologia, Universidade de Salamanca, 115-138.
- Pinheiro L.M., Whitmarsh R.B., Miles P.R. (1992) The Ocean-Continent Transition off the Western Continental Margin off Iberia. Part II. Crustal Structure in the Tagus Abyssal Plain. *Geophysical J. International*. 109, 106-124.
- Pinheiro, L.M., Wilson, R.C.L., Pena dos Reis, R., Whitmarsh, R.B. e Ribeiro, A. (1996). The Western Iberia Margin: A Geophysical and Geological Overview. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, Vol. 149, National Science Foundation, Canada, 3-31

- Pinto, F. (s/data). *Evolução da Erosão Costeira no Contexto Europeu*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Pinto, J. (2004). *Participação social e Educação Ambiental: Os Processos participativos nas estratégias locais de sustentabilidade*, Universidade de Santiago de Compostela.
- PMUE (s/data). *Factos e Números de Portugal*, Política Marítima da União Europeia, Comissão Europeia Direcção-Geral da Pesca e dos Assuntos Marítimos.
- Press, F., Siever, R., Grotzinger, J., Jordan, T. (2006). *Para entender a Terra*, Porto Alegre 4ª edição, Bookman.
- PROT-Algarve (2004). *Apreciação do Risco Sísmico no Algarve*, Plano Regional de Ordenamento do Território, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Volume II, ANEXO J.
- Rey, J., Dinis, J., Callapez, P., Cunha, P. (2006) – *Da rotura continental à margem passiva. Composição e evolução do Cretácico de Portugal*. Cadernos de Geologia de Portugal, INETI.
- Ribeiro, A., Antunes, M.T., Ferreira, M.P., Rocha, R.B., Soares, A.F., Zbyszewski, G., Moitinho de Almeida, J.H., Carvalho, D., Monteiro, J.H. (1979) - *Introduction a la Géologie Générale du Portugal*. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 114 pp
- Rocha, F. (1993). *Argilas aplicadas a estudos Litoestratigráficos e Paleoambientais na Bacia Sedimentar de Aveiro*. Universidade de Aveiro, Aveiro, 35-63
- Salamuni, E. & Stellfeld, M.C. (2001). Banco de Dados Geológicos Geo-referenciados da Bacia Sedimentar de Curitiba (pr) como base de Sistema de Informação Geográfica (SIG), Universidade Federal do Paraná, Boletim Paranaense de Geociências, n. 49, 29.
- Sarmiento, C. & Cardoso, A. (2006). Testemunhos históricos da influência do terramoto de 1755 na Laguna de Aveiro. *Rev. Assoc. Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, Territorium* 13, 93-104
- Site: http://regioes.blogspot.com/2006_05_01_archive.html
- Souza, L., Nogueira, F., Cerri, L. (2008). Aplicação da Geologia de Engenharia na redução de risco geológico urbano em Itapeverica da Serra - SP: estudo de caso, *Rev. Escola de Minas, Ouro Preto*, vol.61 no.2, 121-128.
- Tavares, A., Sá, A. (2007). *O Planeta Terra nas nossas mãos; Ciências da Terra para a Sociedade*.
- Teixeira, F. (1997). Contribuição dos Métodos Geofísicos para o estudo da Evolução Geológica da Ria de Aveiro e da Plataforma Continental adjacente, Universidade de Aveiro, Aveiro, 8-36
- Terrinha et al. (2003). Tsunamigenic-seismogenic structures, neotectonics, sedimentary processes and slope instability on the southwest Portuguese Margin, *Marine Geology* 195, ELSEVIER, 55-73.
- Timbó, M. (2001). *Apontamentos de Cartografia*, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Tizzard, L. (2007). *The contribution to Atmospheric Methane from sub-seabed sources in the UK Continental Shelf*, School of Marine Science and Technology.
- Vera, J.A., Ancochea, E., Barnolas, A., Bea, F., Calvo, J.P., Civis, J., De Vicente, G., Fernández-Gianotti, J., García-Cortéz, A., Pérez-Estaún, A., Pujalte, V., Rodríguez-Fernández, L.R., Sopena, A., Tejero, R. (2004) - *Introducción*. In: Vera, J.A. (Eds.). *Geología de España*. SGE-IGME, Madrid, 3-17.
- Vieira, R.A. (2001) *Geologia e estratigrafia das Bacias Sedimentares portuguesas – perspectivas para a prospecção e pesquisa de petróleo em Portugal*. Gabinete para a Pesquisa e Exploração do Petróleo.
- Wilson, R., Hiscott, R., Willis, M., Gradstein, F. (1989) – *The Lusitanian Basin of west central Portugal: Mesozoic and Tertiary tectonic, stratigraphic and subsidence history*. In: A.

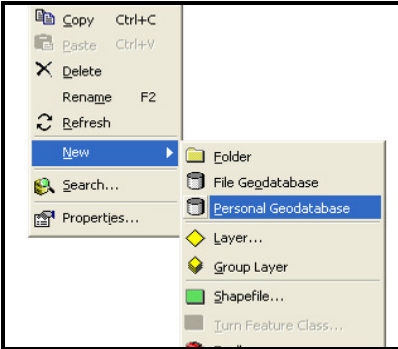
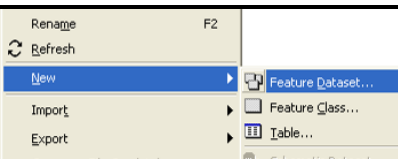
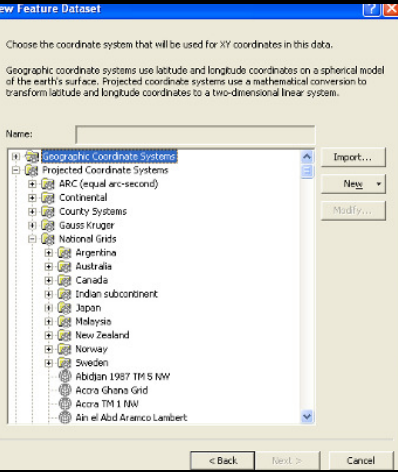
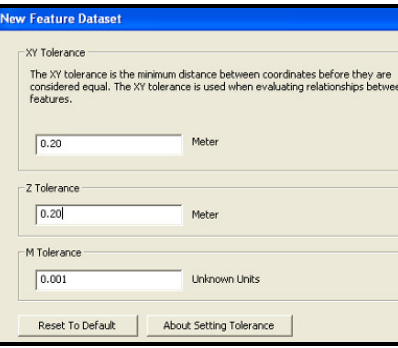
Tankard & H. Balkwill (Eds), Extensional tectonics and stratigraphy of the North Atlantic margin. *Mem. AAPG*, 46, 341-361.

Zitellini et al. (2004). Neogene through Quaternary Tectonic Reactivation of SW Iberian Passive Margin, *Pure and Applied Geophysics*, 161.

Referências da Internet

- ANPC - www.proteccaocivil.pt
- Atlas do ambiente - <http://www.iambiente.pt/atlas/est/index.jsp>
- CCDRC - <http://www.ccdrc.pt/>
- EMEPC - <http://www.emepc.gov.pt/>
- ESRI - <http://www.esri-portugal.pt/>
- EUROCIIPS - <http://www.erocips.org/pt/intro.htm>
- IGeoE – www.igeoe.pt
- IM – www.meteo.pt
- INE – www.ine.pt
- INETI – www.ineti.pt
- NOAA – www.noaa.gov
- REFER – [www. Refer.pt](http://www.Refer.pt)
- SECURRIA - <http://sig.cm-aveiro.pt/smiga/securria/viewer.htm>
- SPB (Segurança de Pessoas e bens) - <http://inseguranca.no.sapo.pt/>
- *Aplicação GoogleEarth*

Anexo 1 – Criação de uma *Personal Geodatabase*, de uma *Feature Dataset* e de uma *Feature Class*.

<p>Criação da Geodatabase</p>	<p>No directório onde se pretende criar a <i>Geodatabase</i>:</p> <p style="text-align: center;"><i>ArcCatalog>New>Personal Geodatabase</i></p> <p>Obs.: Não é preciso definir quaisquer tipo de propriedades específicas.</p>	
<p>Criação da Feature Dataset</p>	<p>Parâmetros a definir:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Dar <u>nome</u>: 2) Definir o <u>sistema de coordenadas</u> (Neste caso, <i>Datum 73_Hayford-Gauss_IPCC</i>): <p style="text-align: center;"><i>Projected Coordinate system>national Grids>Datum 73 Hayford Gauss IPCC.</i></p> <p>Obs.: Também se pode importar o sistema de projecção de outro elemento.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3) Definir o <u>sistema de coordenadas vertical</u> (Marégrafo de Cascais): <p style="text-align: center;"><i>Europe > Cascais</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 4) Definir a <u>tolerância XY e Z</u>, para identificar a resolução e pormenor máximo com que um elemento cartográfico pode ser representado. <p>Dada a escala de trabalho, 1:10 000, optou-se por utilizar o valor de 0.2 m, o que quer dizer que se dispõe de 10 unidades de resolução até atingir o limite de acuidade visual para a representação cartográfica..</p>	  

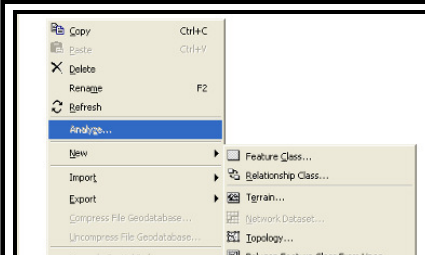
Criação da Feature Class

Opção A - Criação de *Feature Class* original

1) Criar a *Feature Class*:

ArcCatalog>*New*>*Feature Class*

2) Criar atributos.



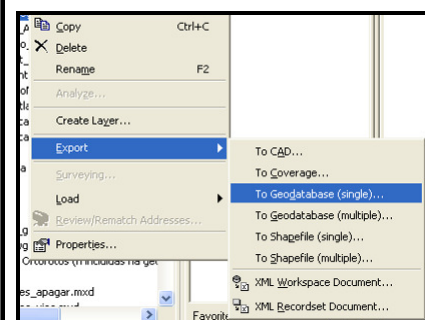
Feature Class Properties			
General		XY Coordinate System	Tolerance
Fields		Indexes	Subtypes
		Relationships	
		Resolution	
		Repres	
Field Name			Data Type
OBJECTID			Object ID
SHAPE			Geometry
Unidade_Subjacente			Text
Profundidade_da_USub			Short Integer

Opção B - Importação de *Feature Class* ou de shape file já existente.

2) Selecionar o ficheiro de partida no *ArcCatalog* e exportá-lo:

Export > *To geodatabase (single)*

3) Indicar local de destino e o nome a dar à nova *Feature Class* criada.



Anexo 2 - Georeferenciação de um *raster*.

1. Verificar se as cartas têm algum elemento gráfico que identifique o sistema de coordenadas. As CZG utilizadas apresentam nos seus quatro extremos (vértices das cartas) coordenadas exactas e ainda algumas marcas intermédias (Figura A2.1). O sistema de coordenadas base da carta é o Datum 73_IPCC, em coordenadas rectangulares UTM;



Figura A2.1: Identificação de elementos cartográficos no mapa.

2. Criar uma *Feature Class* do tipo *Point Features* (no *ArcCatalog*), na qual serão definidos os pontos de coordenadas conhecidas. Os quatro vértices de coordenadas exactas são suficientes para que o mapa seja georeferenciado no *ArcMap*, no entanto o uso de mais pontos (p.ex. as marcas intermédias) será vantajoso;
3. Importar o mapa e a *Feature Class* para o projecto criado no *ArcMap*; ao importar o mapa aparece um aviso referente à criação de pirâmides¹, clicar “Y”;

¹ As pirâmides estão associadas com a estrutura de armazenamento de um "raster" no ArcGis. Trata-se de uma estrutura de dados que permite o rápido "pan & zoom" sobre uma imagem digital e georeferenciada de grandes dimensões.

4. Clicar "Ok" no aviso referente a "*unknown spatial reference*";
5. Identificação dos pontos de coordenadas conhecidas. Em primeiro lugar é preciso activar a ferramenta que permite fazer a georeferenciação de mapas, *clicando* na barra superior e com o botão direito activar *Georeferencing*. Um segundo passo é fazer *zoom* à imagem para que a localização do ponto seja a mais exacta possível. Para isso clicar no ícone da imagem, na tabela de conteúdos e seleccionar "*Zoom to raster resolution*" (Figura A2.2);

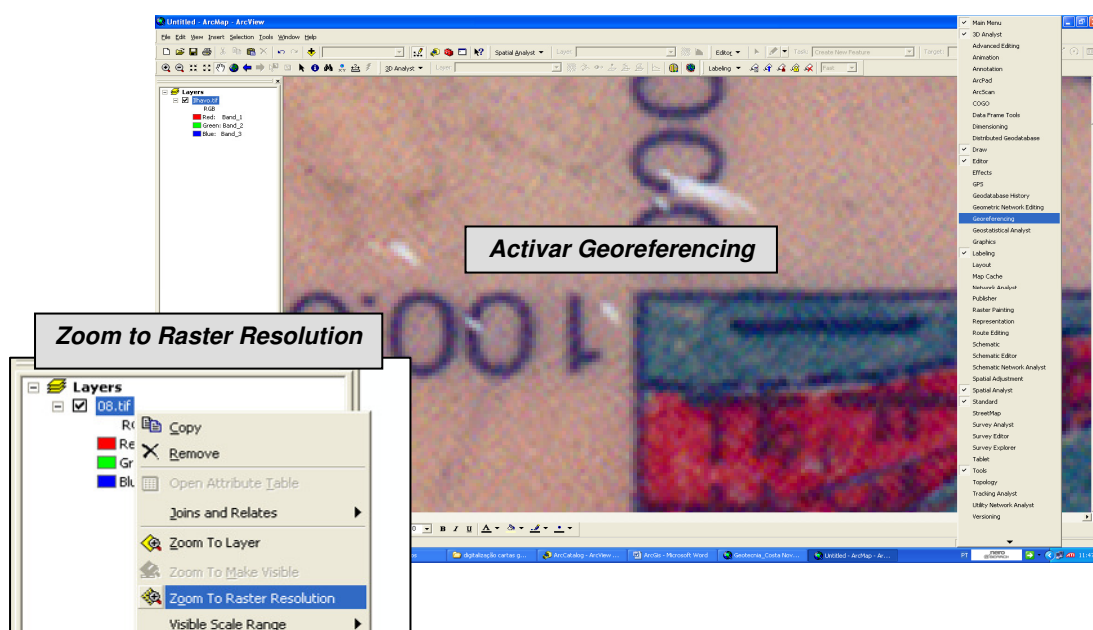


Figura A2.2: Imagem explicativa de como activar o Georeferencing e como fazer zoom to raster resolution, necessários à georeferenciação.

6. A partir da Barra de Ferramentas de *Georeferencing*, clicar em "*Add Control Points*". Fica disponível um símbolo no cursor em forma de cruz. Deve "picar-se" o ponto com o botão esquerdo do rato e seguidamente com o direito sem mover o rato. Aparecerá uma caixa, e escolhendo a opção "*Input X and Y*", colocam-se as coordenadas do ponto (Figura A2.3). Repetir o procedimento para todo os pontos a georeferenciar;

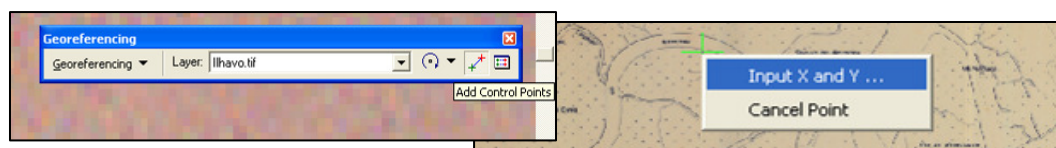


Figura A2.3: Imagem explicativa de fazer o input dos pontos de controle, necessários à georeferenciação.

7. Na *Link table*² (ícone do lado direito de *Add Control Points*) é possível ver os pontos “picados” e o *Total RMS error*, que faz uma relação entre os pontos. Quanto menor for esse valor, mais exacta é a georeferenciação (Figura A2.4).

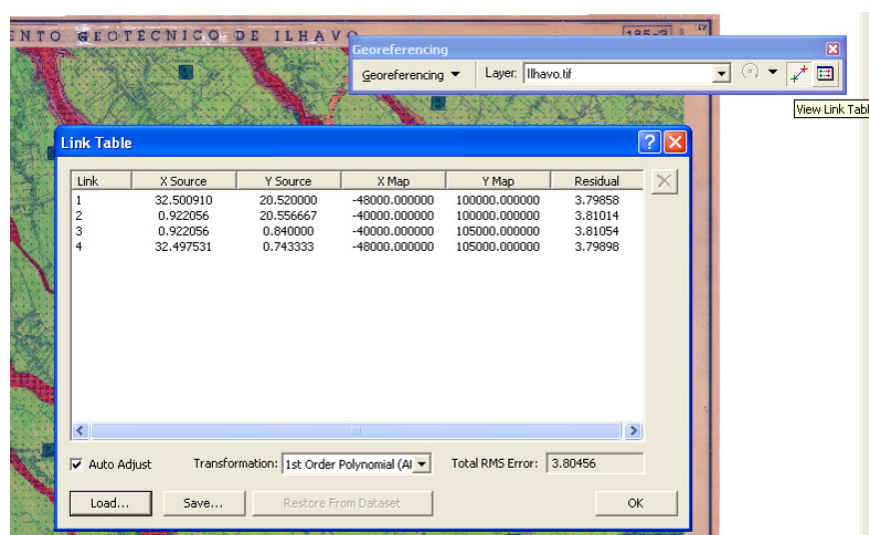


Figura A2.4: A *Link Table* onde se acede ao erro RMS e aos pontos de controle adicionados.

8. Guardar a georeferenciação dos mapas, fazendo “Save”. Neste trabalho foi criada uma pasta externa à *geodatabase*, designada Geotecnia, com um subdirectório designado ficheiros de georeferenciação para cartas onde estes ficheiros texto (.txt) são guardados;
9. No final fazer “*update georeferencing*” para que o ficheiro raster assuma de forma permanente a georeferenciação (Figura A2.5).

² A *Link Table* estabelece a relação entre (as coordenadas) dos pontos imagem e as respectivas coordenadas-solo.

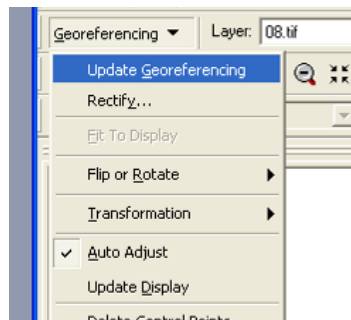


Figura A2.5: Imagem explicativa de como fazer o update da georeferenciação.

No que respeita à “picagem” de pontos, é importante ter em atenção que é preferível não marcar um ponto que se denota visivelmente distorcido, utilizando na sua vez um ponto no interior da carta, de preferência o mais próximo do “canto distorcido” (caso da georeferenciação do Zonamento Geotécnico da Barra). Para seleccionar a melhor solução deve-se observar como variam os erros residuais na *Link Table*.

Anexo 3 - Preparação da *Feature Class* “Sondagens _compilacao”

1: Importar o ficheiro Excel Sondagens_Edition, para o ArcGis, usando o ArcCatalog.

- Importar o ficheiro no ArcCatalog;
- *Clicar* sobre a folha de trabalho onde estão os dados com o botão direito e escolher “Create *Feature Class* ----> From XY Table” (Figura A3.1);

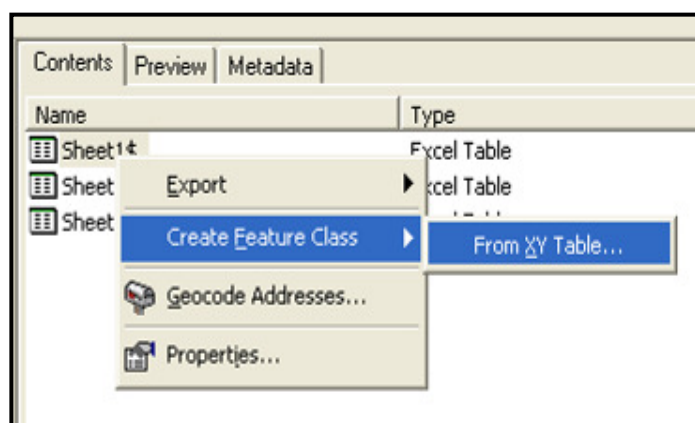


Figura A3.1: Imagem explicativa de como criar uma *Feature Class* a partir de um ficheiro excel.

2: Preencher no Quadro da Figura IV.43. Nas colunas Excel, “Xfield” e “Yfield”, colocar a identificação da coluna que tem as coordenadas do furo. No campo “Zfield” deixar “<none>”, porque não estamos a trabalhar com 3 dimensões;

- Definir o Sistema de Coordenadas – Projecção UTM; *Datum* WGS84 - clicando no botão “Coordinate System of Input Coordinates” (Figura A3.2);
- Definir o nome e localização para o ficheiro de saída a ser criado – “Sondagens _compilacao” (Figura A3.2).

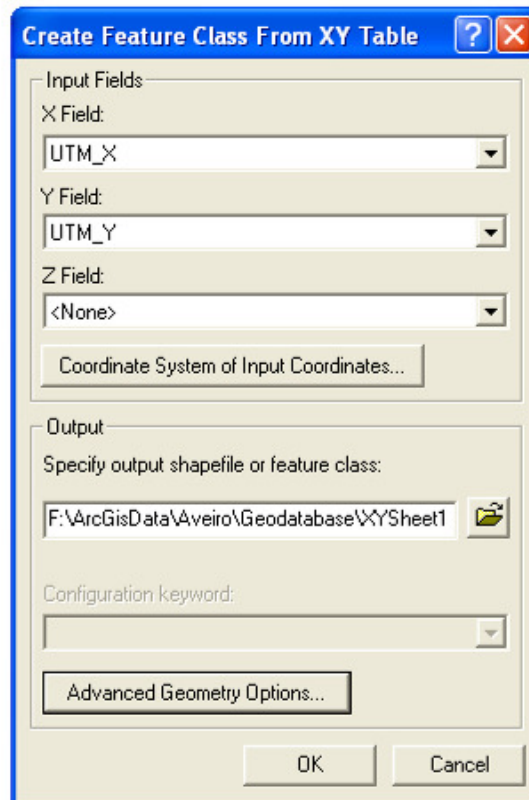


Figura IV.43: Painel que permite a criação de uma Feature Class a partir de um ficheiro Excel.



Anexo 4 – Ficha de Campo

Zona: _____

Número da foto: _____

Minuto do filme: _____

Data: _____

Coordenadas da foto: _____

Enquadramento geológico

Zonas pantanosas

Zonas tidais

Ilhas barreira

Praia de areia quase inexistente

Zonas estuarinas aplanadas

Zona de Praia

Linha de costa

Em erosão exposta

De areia

Com afloramentos argilosos

Praia baixo declive

Praia alto declive

Geologia

Areia de praia quartzosa grau médio

Areia de praia quartzosa grão fino

Argilas ricas em matéria orgânica

Flora existente:

Ausência de vegetação

Pouca vegetação

Vegetação não abundante

Muita vegetação

Vegetação dunar

Vegetação rasteira

Reserva natural

Infraestruturas presentes:

Sólidas

Médias

Frágeis

Zonas de enrocamento

Expostas ao mar

Mediamente expostas

Protegidas do mar.

Distância média ao mar: _____m

Zona habitacional perto da costa: Existente

Pouco significativa Abundante

Turismo (cafés, parques de campismo, etc.)

Fauna existente:

Crustáceos

pássaros

Zonas de

recreação: _____

Observações:

